

## ВВЕДЕНИЕ

Создание детализированных норм кормления сельскохозяйственных животных, в которых потребность в элементах питания учитывается по 20 – 30 показателям, а для птицы и более, является крупным достижением зоотехнической науки. Вместе с тем в этих нормах не учитывается факториальный метод оценки потребностей коров в питательных веществах и энергии. Затраты питательных веществ отдельно на поддерживающий обмен, молоко, раздой, рост плода, отложение в теле, передвижение не рассматриваются и в анализе не учитываются. Не учтена дифференциация норм кормления коров по фазам лактации, а также для условий зимнего и летнего периодов. Не придается значения делению рационов на базисную и продуктивную части, что усложняет работу по индивидуальному кормлению коров с учетом уровня их продуктивности. В значительной степени недооценивается также влияние основного фактора – энергии, ее концентрации в сухом веществе кормов и рационов для крупного рогатого скота. От этого фактора зависит количество сухого вещества кормов и рационов, приходящееся на одну кормовую единицу и названное учетом Лерви, «коэффициентом объема» (КО), величина которого напрямую связана с уровнем расхода концентратов.

Для получения высокой продуктивности животных в соответствии с их генетическим потенциалом необходимо добиться, чтобы животные потребляли больше сухих веществ с высокой концентрацией энергии и питательных элементов в рационах, состоящих из разнообразных кормов. Здесь на первый план выдвигаются вопросы повышения качества кормов: улучшение их вкусовых качеств, применение кормовых добавок с обязательным строгим контролем всех элементов питания, учетом их факториальной дифференциации для разных технологических групп скота, а для коров – и с учетом дифференциации по фазам физиологических циклов.

Методика составления рационов для пастбищного кормления молочного скота учитывает увеличение потребления коровами сухого вещества травы до 3,5 – 4,0 кг на 100 кг живой массы в сутки. Нормы кормления коров приведены по фазам лактации, а для телок – для интенсивного выращивания.

## 1. ЗНАЧЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

**Сухое вещество.** Одним из главных показателей в системе нормированного кормления животных является сухое вещество, используемое в качестве основного критерия величины рациона и определения концентрации элементов питания, для контроля за фактическим соотношением различных питательных веществ в нем.

Общее правило кормления сельскохозяйственных животных состоит в том, чтобы потребность в сухом веществе была как можно больше удовлетворена для повышения их продуктивности. Потребление сухого вещества зависит от состава рациона, вкусовых и физических свойств корма, подготовки его к скармливанию, уровня продуктивности животных, переваримости питательных веществ и др. Чем ниже переваримость сухого вещества рациона, тем меньше его потребление животными, особенно высокопродуктивными.

В расчете на 100 кг живой массы коровы потребление сухого вещества может колебаться от 2 до 4 кг, а в отдельных случаях и выше. Молодняк в возрасте 12 мес потребляет сухого вещества на 100 кг живой массы от 2,2 до 3,5 кг.

**Энергия.** Продуктивность коров зависит не только от принятого количества сухого вещества, но и от концентрации энергии в потребленных кормах. Это значит, что с увеличением продуктивности дойных коров повышается и потребление сухого вещества, причем одновременно должна повышаться концентрация энергии на единицу потребленного сухого вещества.

В качестве оценки энергетической питательности кормов и рационов наряду с овсяными кормовыми единицами (ОКЕ) применяются и энергетические кормовые единицы (ЭКЕ). За единицу оценки ЭКЕ принято считать обменную энергию. Одна энергетическая кормовая единица составляет 10 мегаджоулей (МДж) обменной энергии. Содержание обменной энергии устанавливают в опытах по определению переваримости питательных веществ по разности содержания энергии в принятом корме и выделенной в кале и моче. Оставшаяся часть её идет на обеспечение основных жизненноважных функций организма и образование продукции.

В производственных условиях обменную энергию (ОЭ) рассчитывают по формулам в зависимости от вида животных:

$$\text{ОЭ}_{\text{крс}} = 17,46 \text{ пП} + 31,23 \text{ пЖ} + 13,65 \text{ пК} + 14,78 \text{ пБЭВ},$$

где пП, пЖ, пК, пБЭВ – это переваримые протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества, выраженные в граммах.

В агрохимических лабораториях обменную энергию и кормовые единицы в кормах рассчитывают по формулам:

**для сена** –  $ОЭ = 13,1 \times (1,0 - C_{кл} \times 1,05),$

где ОЭ – обменная энергия, МДж/ кг СВ;

$C_{кл}$  – сырая клетчатка, кг/ кг СВ;

$$К.ед.в 1 кг СВ = ОЭ^2 \times 0,0081;$$

**для сенажа** –  $ОЭ = 5,59 + \frac{25,09}{X_1} + 0,202 \times X_2,$

где  $X_1$  – сырая клетчатка в сухом веществе, %;

$X_2$  – сырой протеин в сухом веществе, %;

$$К.ед.в 1 кг СВ = ОЭ^2 \times 0,0081;$$

**для силоса из травянистых кормов** –

$$ОЭ = K_1 - 0,045 \times C_{кл} - 0,015 \times C_3 + 0,07 \times C_{п},$$

где  $K_1$  – коэффициент для определения обменной энергии (для силоса из многолетних бобовых и злаковых трав равен 9,5);

$C_{кл}$  – сырая клетчатка в сухом веществе, %;

$C_3$  – сырая зола в сухом веществе, %;

$C_{п}$  – сырой протеин в сухом веществе, %;

$$К.ед.в 1 кг СВ = ОЭ^2 \times K_2,$$

где  $K_2$  – коэффициент для определения кормовых единиц (для травянистых кормов он равен 0,0088);

**для кукурузного силоса** –

$$ОЭ = 0,07 + 0,099 \times СВ, \text{ МДж/кг },$$

где СВ – сухое вещество, %;

$$К. ед. в 1 кг корма = 0,01 \times СВ - 0,031;$$

**для концентратов** –

$$ОЭ = 12 \times C_{п} + 31 \times C_{ж} + 5 \times C_{кл} + 13 \times БЭВ, \text{ МДж/ кг СВ },$$

где  $C_{п}$ ,  $C_{ж}$ ,  $C_{кл}$ , БЭВ – питательные вещества, кг/ кг СВ.

Обеспеченность животных энергией – важнейший фактор, который определяет их продуктивность (табл. 1.1).

Исходя из содержания энергии, а также сбалансированности сухого вещества по основным элементам питания можно прогнозировать мо-

лочную продуктивность коров. Чем выше их продуктивность, тем больше должна быть концентрация энергии в сухом веществе, и наоборот. При снижении содержания энергии в единице корма увеличивается потребность животных в сухом веществе, которое при этом хуже используется животными. Для коров живой массой 500 кг и удо- ем 10 кг достаточно, чтобы в 1 кг СВ рациона содержалось 8,7 МДж ОЭ; с удоем 20 кг – 9,8 МДж; 35 кг и более – 11 МДж и более ОЭ.

Т а б л и ц а 1.1. Концентрация обменной энергии (ОЭ) и кормовых единиц для коров живой массой 600 кг с разной продуктивностью

Суточный удой, кг	Концентрация ОЭ в 1 кг СВ рациона, МДж	Концентрация кормовых единиц в 1 кг СВ рациона
12	8,5	0,70
16	8,9	0,75
20	9,4	0,8
24	9,7	0,85
28	10,2	0,9
32	10,6	0,95
36	10,9	1
40 и более	11,2	1,05

При увеличении продуктивности коров от 10 до 40 кг молока потребность в обменной энергии увеличивается в 2,5 раза. Для высокопродуктивных коров, чтобы обеспечить такой уровень энергии, необходимо увеличивать дачу концентрированных кормов в рационах, содержащих в 1 кг сухого вещества больше энергии в сравнении с другими кормами.

**Протеин.** Продуктивность жвачных животных во многом зависит от обеспеченности рационов достаточным количеством полноценного протеина. Оценка протеиновой питательности кормов и его нормирование осуществляется по сырому и переваримому протеину. Сырой протеин – показатель, характеризующий содержание азотистых веществ в рационе. Переваримый протеин определяется по разности корм за минусом кал и характеризует переваримость сырого протеина. В практике кормления сырой протеин определяется по количеству азота в протеине, равному 16 %.

Потребность коров в сыром и переваримом протеине сильно варьирует в зависимости от концентрации энергии в сухом веществе и уровня продуктивности (табл. 1.2).

Для коров с удоем 10 кг достаточно 11,0 % сырого протеина в сухом веществе, при удое 30 кг – 16,5 %, а переваримого протеина на 1

к. ед. соответственно 98 и 106 г.

Таблица 1.2. **Нормы потребности в сыром протеине**  
(% к сухому веществу рациона)

Суточный удой, кг	МДж в 1 кг сухого вещества рациона						
	8,5	9,5	10	10,7	11,0	11,3	11,6
5	10	11	12	-	-	-	-
10	11	11	12	13	13	-	-
15	-	12	13	14	14	15	-
20	-	13	14	15	15	15	-
25	-	-	15	16	16	16	-
30	-	-	-	16	16	17	18
35	-	-	-	17	17	17	19
40	-	-	-	17	18	18	19

В состав сырого протеина кормов входят различные соединения, растворимые в воде, солевых и щелочных растворах. Водорастворимые его фракции быстрее перевариваются, расщепляются и используются микрофлорой рубца.

Потребность жвачных животных в сыром протеине оценивается с учетом особенностей превращений азота в преджелудках и усвоения (доступности) аминокислот в процессах всасывания и обмена.

Основными источниками покрытия потребности в протеине являются нерасщепленный в рубце протеин корма, микробный белок, синтезируемый в преджелудках, и эндогенный протеин.

Микроорганизмы рубца синтезируют белок из доступного (расщепляемого) в рубце кормового протеина, а также небелкового азота. Микробный белок служит основным источником усвояемых аминокислот.

Чем медленнее освобождается аммиак корма, тем полнее он используется микроорганизмами. При избыточном содержании расщепляемого протеина в корме микроорганизмы рубца не успевают утилизировать аммиак, который поступает в кровь и печень, где превращается в мочевину и выделяется с мочой, не принося пользы животному.

Степень распада протеина рациона определяется обеспеченностью микроорганизмов азотом и количеством протеина, нераспавшегося в рубце и поступающего в кишечник. Эффективность микробного синтеза в рубце зависит от обеспеченности этого процесса легкодоступной энергией и азотом. Потребность микрофлоры рубца в энергии должна удовлетворяться за счет органического вещества, переваренно-

го в рубце, а в азоте – за счет протеина корма, расщепляемого в рубце, и небелковых форм азота.

При очень низкой и очень высокой концентрации обменной энергии в сухом веществе рациона синтез микробного белка снижается. С увеличением доли концентратов в рационе (30 – 40 %) и частоты кормления увеличивается доступность энергии для микробного синтеза.

С ростом продуктивности значение фракций нерасщепленного в рубце протеина в общей обеспеченности животного аминокислотами возрастает, и он оказывает существенное влияние на эффективность использования протеина рациона.

Установлено, что 60 % кормового белка расщепляется в рубце, 40% – проходит не расщепляясь через рубец в сычуг и тонкий кишечник, где протеин расщепляется под воздействием пищеварительных ферментов до аминокислот. Нераспавшийся протеин должен иметь высокую доступность для пищеварительных ферментов в кишечнике.

В обычных рационах за счет микробного белка, синтезируемого в преджелудках жвачных, удовлетворяется потребность в аминокислотах на 70 – 75 % при суточном удое 10 – 12 кг молока и только на 30 – 40 % при удое 25 – 30 кг. Недостающее количество аминокислот должно поступать с белками корма, устойчивыми к деградации в рубце.

Корма по степени растворимости и расщепляемости протеина делят на три группы:

I группа – корма с преобладанием распадающихся фракций сырого протеина (70 – 90 %): трава пастбищ, силос, картофель, свекла кормовая;

II группа – корма со средней расщепляемостью сырого протеина (50 – 70 %): комбикорм, брикеты злаковые, сено разнотравное, жмых, соевые и подсолнечниковые шроты;

III группа – корма с низкой расщепляемостью сырого протеина (30 – 50 %): рыбная мука, сухая барда, резка травяная, кукурузная дерть.

Из данных видно, что силос и сенаж, а также концентраты и корнеплоды характеризуются высокой расщепляемостью протеина. Если эти корма использовать в рационах высокопродуктивных животных, то они не смогут проявить свой потенциал продуктивности. Эти корма приводят к образованию аммиака в рубце, в связи с чем высокопродуктивные животные, получая рационы с большой долей силоса, сенажа, корнеплодов, могут испытывать дефицит белка. Поэтому для роста

их продуктивности необходимо вводить в рационы высококачественное сено и искусственно высушенные корма, а также шроты и жмыхи.

Потребность в расщепляемом протеине рассчитывают по формуле:

$$РП = 7,8 \times ОЭ,$$

где РП – расщепляемый протеин, г;

ОЭ – обменная энергия рациона, МДж.

В настоящее время разрабатываются способы «защиты» протеина от распада в рубце с использованием антиоксидантов, экструдирования, нагревания, применением танинов, летучих жирных кислот, альдегидов и т. д.

При разработке рационов для дойных коров с удоем 20 – 22 кг молока необходимо, чтобы в 1 кг потребленного сухого вещества содержалось 60 – 65 г нерасщепленного в рубце протеина.

Учитывая, что растворимость протеина объемистых кормов практически стабильна и не поддается регулированию, то величину этого показателя можно устанавливать путем подбора различных компонентов, имеющих преимущественно нерастворимые фракции, или используя методы предварительной обработки.

Белки – источники пластического материала для построения тканей тела, белков крови; источник образования ферментов и гормонов, энергии при дезаминировании, иммунитета.

Входящие в протеин белки, преобразовавшиеся в белок животного происхождения, выполняют каталитические функции. Все химические реакции обмена веществ, распада и синтеза, ферментативные функции не могут проходить без их участия.

Белки выполняют структурную функцию. Они входят в состав белковых и липопротеиновых мембран, служат материалом для построения различных морфологических образований.

Белки плазмы крови участвуют в переносе продуктов обмена, в защите организма от чужеродных белков, бактерий, вирусов и токсинов, выполняют коллоидноосмотическую функцию.

**Углеводы** – главная составная часть сухого вещества растительных кормов. При зоотехническом анализе кормов углеводы разделяют на две группы – сырую клетчатку и безазотистые экстрактивные вещества. По химическому составу углеводы подразделяются на: моносахариды (глюкоза, фруктоза, манноза, галактоза, рибоза); дисахариды (сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза); трисахариды (рафиноза); полисахариды (крахмал, декстрины, целлюлоза, гемицеллюлоза).

Углеводы поступают в рубец жвачных в виде сахаров, крахмала, гемицеллюлозы, целлюлозы и некоторых других соединений. Микро-

организмы рубца расщепляют сложные углеводы до простых сахаров, которые в дальнейшем сбраживаются до уксусной, пропионовой, масляной и других кислот. Образующиеся в рубце в большом количестве летучие жирные кислоты (ЛЖК) составляют у жвачных главный источник энергии (до 70 % общей энергетической потребности). ЛЖК всасываются непосредственно в рубце, их общее количество в нем достигает 3 – 4,5 кг в сутки, а это равнозначно 33,5 – 75,4 МДж энергии.

Для кормления жвачных животных наибольшее значение имеют клетчатка, крахмал, сахар.

**Клетчатка** в определенном количестве необходима жвачным животным как источник энергетического материала для стимуляции деятельности рубца, сохранения здоровья и поддержания на определенном уровне жирности молока. Она оказывает механическое воздействие на стенки рубца и кишечника, вызывая моторную функцию и перистальтику, удлиняет процесс жвачки, в результате которого выделяется большое количество слюны, которая идет на щелочную реакцию, что обеспечивает кислотность рубца на уровне pH, равном 6,5 – 7,0.

Оптимальный уровень клетчатки в рационах зависит от продуктивности животных, их физиологического состояния, структуры кормления и других факторов. Для коров оптимальное количество сырой клетчатки в сухом веществе рациона должно быть 17 – 22 %, причем не менее 14% должна составлять клетчатка грубых кормов. Для высокопродуктивных коров это количество должно быть на уровне 16 – 18%. Снижение клетчатки ниже 16 % сопровождается нарушением процессов пищеварения, изменением соотношений ЛЖК и уменьшением жира в молоке. Избыточное содержание клетчатки снижает переваримость и использование других питательных веществ.

Попадая в пищеварительный тракт животных, клетчатка подвергается воздействию целлюлолизатических ферментов, которые выделяются микроорганизмами, расщепляющими клетчатку. В результате этого образуется большое количество ЛЖК. Соотношение ЛЖК в рубце зависит от состава рациона, его сбалансированности и режима кормления. В среднем на долю уксусной кислоты приходится 65 %, пропионовой – 20 % и масляной – 15 %. Если в рационе много грубых кормов, богатых клетчаткой, то в рубце увеличивается содержание уксусной кислоты, а сочные и концентрированные корма вызывают увеличение пропионовой и масляной кислот.

Уксусная кислота – источник энергии для организма и предшественник жира молока, пропионовая – источник глюкозы. Увеличение



уксусной кислоты в рубце улучшает использование азота, повышает уровень белка в молоке коров.

Переваримость клетчатки зависит от наличия в рационе легкопереваримых углеводов (крахмала и сахара). При их избыточном количестве в рубце снижается реакция среды (рН 5,0 – 5,5 при норме 6,5 – 7,0) и создаются неблагоприятные условия для роста и размножения микроорганизмов, расщепляющих клетчатку.

Для успешного использования клетчатки в рубце необходимо наличие определенного количества азота. Наиболее благоприятные условия для микроорганизмов рубца, расщепляющих клетчатку, создаются тогда, когда содержание сырого протеина в сухом веществе составляет 12,5 %, а уровень легкопереваримых углеводов – не более 30 %. В первые 2 – 3 часа после кормления максимально перевариваются сахара, через 3 – 6 – крахмал и 6 – 8 часов – клетчатка.

Основными источниками сахара у коров являются пропионовая кислота и незначительно – масляная и молочная.

Повышение концентрации пропионовой кислоты в рубце способствует снижению кетоновых тел, повышению сахара в крови и белка в молоке коров, а также лучшему использованию азота корма.

Молочная железа – основной потребитель сахара в организме лактирующей коровы, который является не только энергетическим материалом для организма, но и источником для образования аминокислот белков молока, синтезируемых в ней.

Недостаток сахаров оказывает отрицательное воздействие на рост и активность рубцовой микрофлоры, а их избыточное количество вызывает резкое увеличение кислотности в рубце, накопление большого количества молочной кислоты. Лучше всего микробиологические процессы в рубце протекают, когда соотношение протеина и сахара составляет 1 : 1,2, т. е. на 1 кг переваримого протеина приходится 1,2 кг растворимых углеводов (сахаров).

Пропионовая кислота – основной предшественник для образования глюкозы. У лактирующих коров она служит источником молочного сахара, способствует нормальному усвоению ЛЖК в тканевом обмене и необходима для синтеза жира молока.

При высоком уровне пропионовой кислоты организм животного использует энергию в большей степени для отложения жира в теле и в меньшей – для синтеза молока. Если низкая кислотность рубца держится длительное время, то происходит угнетение полезной микрофлоры рубца, что может спровоцировать воспаление суставов конечностей.

Масляная кислота поступает в кровь и идет на образование кетоновых тел. Кетоновые тела – нормальные метаболиты, которые используются тканями как источник энергии. Однако их избыток в организме ведет к нарушению обмена веществ. При наличии достаточного количества глюкозы кетоновые тела утилизируются организмом.

Наряду с сахаром нужно контролировать и поступление с кормами крахмала. Сахар, полученный при гидролизе крахмала в кишечнике, всасывается из него в неизменном виде и является не только дешевым источником энергии для организма, но и служит для синтеза белка молока в молочной железе.

Крахмала в рационе должно быть больше чем сахара. Оптимальное его количество для лактирующих коров – 1,5 г крахмала на 1,0 г сахара.

Количество крахмала в рационе коров зависит от их продуктивности. При удое до 10 кг на 1 к. ед. должно приходиться 110 г крахмала, при удое 11 – 20 кг – 135 г, при удое выше 30 кг – 180 г. В рубце коров переваривается до 90 % крахмала кормов, а остальная его часть – в кишечнике. Крахмал целого зерна переваривается в рубце на 70 %, а плющенного – до 90 %.

Часто молочную продуктивность животных пытаются повысить, увеличивая в рационе дозу концентрированных кормов. При этом забывают, что разные концентраты по-разному действуют на организм.

Если в рацион молочных коров вводят концентраты, богатые белком, то в рубце уменьшается содержание уксусной кислоты, увеличивается доля пропионовой и масляной кислот и снижается процент жира в молоке. При этом количество масляной кислоты будет значительно выше, чем пропионовой. Иное влияние на организм оказывают концентрированные корма, которые содержат много крахмала, особенно кукурузного. Такой рацион способствует образованию большого количества пропионовой кислоты, которая вызывает повышение сахара в крови и снижение кетоновых тел в организме.

При включении в рацион большого количества свеклы удои коров заметно снижаются. Можно предположить, что вследствие повышения обмена веществ в организме возникает повышенная потребность в энергии, для обеспечения которой используется большое количество глюкозы, синтезируемой из пропионовой кислоты. В результате не хватает глюкозы для синтеза молочного сахара и удои снижаются.

Количество сахарной свеклы в сутки не должно превышать 20 кг, при этом лучше её скармливать 3 – 4 раза в день по 5 – 7 кг в дачу.

При кормлении животных силосом, бардой и другими кислыми кормами в преджелудки поступает большее количество органических кислот, из которых наибольшее количество приходится на молочную кислоту.

При скармливании в сутки только 20 кг и более силоса корова ежедневно получает от 340 до 440 г смеси органических кислот, в том числе более 300 г молочной. Наличие большого количества молочной кислоты приводит к нарушению рубцового пищеварения (рН рубца снижается до 5,0 – 5,5 при норме 6,5 – 7,0), что ведет к гибели полезной микрофлоры. Существенных изменений в соотношении ЛЖК не происходит, когда силос скармливают в смеси с другими кормами (сено, сенаж, концентраты).

У высокопродуктивных коров часто встречается заболевание, носящее название кетонемии или кетоза – нарушение обмена веществ, для которого характерно повышение содержания кетоновых тел в жидкостях тела и снижение уровня глюкозы в крови. Снабжение организма глюкозой у жвачных лимитируется тем обстоятельством, что она образуется в основном из пропионовой кислоты.

Период высоких удоев (первые два месяца лактации), а также последний месяц стельности коров являются наиболее опасными, поскольку они благоприятны для развития кетоза. Основная причина его возникновения у коров – неоправданное увеличение скармливания концентрированных кормов.

У страдающих кетозом коров обычно наблюдается: уменьшение аппетита, снижение удоев, понижение уровня сахара и повышение содержания кетоновых тел в крови. В рубце животных образуются вредные продукты распада белка, которые усиливают интоксикацию организма. Добавление к рациону легкопереваримых углеводов улучшает энергетический баланс микроорганизмов и предупреждает возникновение кетоза.

**Жиры** наряду с белками и углеводами входят в состав тканей животных, растений и микроорганизмов. Они являются составной частью кормового рациона животных и одним из важнейших источников энергии.

Энергетическая ценность жиров значительно выше, чем углеводов и белков. При окислении 1 г жира освобождается 40 КДж энергии.

Жиры необходимы животным не только как источник энергии, но и как вещество, в котором содержатся жирорастворимые витамины А, Д, Е, К. Активность этих витаминов возможна только при наличии в рационе животных минимального количества жира, 5 – 20 г на голову.

Жиры, распадаясь в организме, выделяют не только энергию, но и обеспечивают отдачу большого количества обменной воды (при окислении 100 г жира образуется 140 – 150 мл воды), что имеет большое значение для животных засушливых зон, а также в период водного голодания животных.

Важную роль играют жиры в процессах терморегуляции у животных, защищая новорожденного молодняк от переохлаждения.

Жиры повышают потребность в метионине. При недостатке их в организме происходит превращение аминокислот в жирные кислоты.

Содержание жира в 1 кг сухого вещества рациона коров должно находиться в пределах 3 – 5 % в зависимости от продуктивности. При избытке жира в рационе ухудшается всасывание кальция (это связано с образованием плохо усвояемых соединений с жирными кислотами). Увеличение жира в рационе свыше 6 % на 1 кг СВ может уменьшить потребление корма, снизить содержание жира и белка в молоке, а также вызвать понос.

В настоящее время оценку липидной питательности кормов проводят не только по содержанию сырого жира, но и по содержанию жирных кислот.

Жвачные животные плохо реагируют на жиры с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот. Это объясняется тем, что жиры, содержащие ненасыщенные жирные кислоты, угнетают обмен веществ в рубце, снижают переваримость целлюлозы и углеводов и уменьшают образование уксусной кислоты.

Непригодны для скармливания соевое, подсолнечниковое, кукурузное масла. Они отрицательно влияют на ферментацию в рубце. Поэтому животные жиры предпочтительнее растительных масел.

Переваримость жирных кислот у жвачных животных в среднем достигает 80 – 82 %. Добавка в рацион 3 – 4 % жира повышает переваримость сырого протеина.

Для высокопродуктивных коров в первые 2 – 3 месяца лактации, с целью повышения энергетической полноценности рациона, целесообразно вводить добавки жира в количестве 0,4 – 0,5 кг в сутки. Увеличение содержания процента жира в рационе коров свыше 6 % неблагоприятно сказывается на рубцовом пищеварении.

**Минеральные вещества и витамины** имеют важное значение в кормлении сельскохозяйственных животных.

Их недостаток или избыток вызывает нарушение обменных процессов, воспроизводительных функций, приводит к возникновению

различных заболеваний, снижению продуктивности и ухудшению качества продукции.

### **Макроэлементы**

К макроэлементам относятся кальций, фосфор, натрий, калий, сера, магний.

**Кальций.** Доля его от общего содержания в организме минеральных веществ достигает 90 %. В организме животного часть кальция (15 – 30 %) находится в подвижном состоянии, из костной ткани он может перейти в кровь и другие ткани (это особенно интенсивно происходит в период лактации).

Кальций служит основным материалом для построения костной ткани, участвует в свертывании крови, активирует ряд ферментов, повышает устойчивость к различным инфекциям, поддерживает кислотно-щелочное равновесие в организме, возбудимость мышечной и нервной тканей.

Дефицит кальция во время лактации у коров приводит к остеомалиции (размягчению костей), снижению молочной продуктивности. Стельная корова (последняя треть стельности) лучше использует кальций, чем корова в начале лактации, поэтому в период раздоя (первые 2 – 3 месяца лактации) содержание кальция в 1 кг СВ рациона должно быть выше. Нарушение обмена кальция также вызывает и молочную лихорадку. Содержание кальция в крови в этот период снижается, организм коровы не может в нужном количестве использовать кальций костей для возмещения расхода этого элемента, резко увеличивающегося вследствие обильной секреции молока.

Избыток кальция в рационе угнетает усвоение фосфора и вызывает заболевание паракератоз (гипертрофию щитовидной железы).

Недостаток витамина Д в рационе замедляет усвоение кальция. Присутствие магния в кормах уменьшает, а натрия – повышает всасывание кальция. Использование кальция повышает содержание цинка и снижает количество марганца и молибдена. При избытке жира в рационе кальций, соединяясь с жиром, образует нерастворимые соединения, которые плохо усваиваются в организме животного.

**Фосфор** по уровню содержания в организме занимает второе место после кальция. Он входит в состав фосфолипидов, которые играют важную роль в образовании клеточных мембран; необходим для нормальной деятельности микроорганизмов рубца; играет важную роль в обмене и транспорте жиров, белков и углеводов; необходим для нор-

мального усвоения кальция; активный катализатор и стимулятор эффективного использования корма.

При недостатке фосфора у коров наблюдается ухудшение и извращение аппетита, паралич задней части туловища, нарушения обмена кальция и репродуктивных качеств, снижение молочной продуктивности и поедаемости кормов, а также развивается остеомаляция.

Избыток же фосфора приводит к снижению усвоения организмом кальция, и наоборот.

На всасывание фосфора благоприятно влияют витамины группы В и особенно – В<sub>12</sub> и В<sub>6</sub>.

Вследствие тесной связи фосфора и кальция необходимо учитывать их соотношение в рационе. В рационе для дойных коров их соотношение должно составлять 1,5 – 2: 1, т. е. на 1,5 – 2 части кальция должно приходиться одна часть фосфора.

**Калий** необходим для построения тканей, поддержания осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия, а также для метаболических процессов в клетках организма животных. Калий – антагонист натрия, поэтому обмен этих элементов тесно связан. Недостаток одного элемента в рационе или избыток другого усиливает дефицит недостающего в организме.

При недостатке калия замедляется рост, ухудшается аппетит, наступает общая слабость, судороги и паралич. Через несколько дней после перевода животных на бедный по калию рацион у них возникает атрофия сердечной мышцы.

Избыток калия тормозит процессы биохимического синтеза, уменьшает число сердечных сокращений, ухудшает обмен магния, особенно при недостатке натрия, приводит к нарушению воспроизводительной функции у коров.

**Натрий.** Потребность животных в натрии в большой степени зависит от калия. В рационе их соотношение должно быть в пределах 1 : 2 – 4.

Натрий наравне с калием участвует в регуляции осмотического давления крови и поддержании кислотно-щелочного равновесия, он необходим для поддержания рН содержимого рубца и нормальной микрофлоры в преджелудках жвачных. Его дефицит приводит к снижению аппетита, нарушению обмена жира и белка, потере продуктивности.

Потребность сельскохозяйственных животных в натрии колеблется в диапазоне от 0,1 – 0,2 % сухого вещества рациона. При избыточном введении NaCl в организме наступает повышенное мочевыделение

(онурез). Для выведения избытка поваренной соли животных необходимо поить водой вволю. Необходимо помнить, что сочные корма увеличивают потребность в натрии. При скармливании коровам зеленой массы, силоса, сенажа, корнеплодов необходимо в рационы вводить повышенное количество поваренной соли, чем при сено-концентратном типе кормления.

**Магний** в процессе обмена веществ тесно связан с кальцием и фосфором, более 60 % его содержится в костях и зубах животных, а основная часть – в мягких тканях.

Магний принимает участие в процессах энергетического обмена в клетках, активирует ряд ферментов, стимулирует образование аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) – переносчика энергии в клетках органов и тканей.

Наличие в кормах большого количества кальция и фосфора увеличивает потребность животных в магнии. Избыток же магния в рационе приводит к повышенному выведению из организма кальция и фосфора. Недостаток его вызывает замедление роста животных и нарушение у них нервной и мышечной деятельности.

Наиболее выраженный признак недостатка магния – тетания, признаками которой являются: нервное возбуждение, дрожь, подергивание лицевых мускулов, шатающаяся походка, судороги. Причиной этого заболевания является не только низкое содержание магния в молодом травостое (летом), но и весьма низкое его всасывание у жвачных при недостатке глюкозы. Усвоение магния из зеленых кормов составляет 5 – 30 %. Для предотвращения тетании высокопродуктивным коровам в летний период необходимо давать 50 г окиси магния в сутки.

**Сера** входит в состав серосодержащих аминокислот (цистин, метионин). Она является составной частью ряда гормонов, витаминов и других органических соединений, способствует улучшению использования небелкового азота, перевариванию клетчатки и крахмала в рубце.

В питании сельскохозяйственных животных недостатка серы фактически не бывает.

## **Микроэлементы**

**Железо** необходимо для образования гемоглобина, оно участвует в окислительно-восстановительных реакциях, которые играют важную роль в обмене веществ и питании животных. У жвачных животных

дефицита железа в рационах практически не существует, поскольку его в достаточном количестве поступает с кормом.

**Медь** в организме животного играет важную роль в синтезе гемоглобина в процессах кроветворения, формировании нервной ткани, остеогенеза, функций воспроизведения, нормальной деятельности микрофлоры преджелудков, а также пигментации и кератинизации шерсти животных. Она входит в состав ряда ферментов и является их активатором, оказывает влияние на окислительные процессы, углеводный обмен, активность гипофиза. Потребность в меди составляет 8 – 10 мг/ кг сухого вещества рациона.

При недостатке меди у животных ухудшается аппетит, замедляется рост, происходит депигментация волосяного покрова, наблюдаются поносы, ослабляется костяк, снижается подвижность суставов, развивается анемия. Избыточное её содержание в рационах вызывает острое и хроническое отравление животных, особенно телят.

На всасывание меди в организме оказывает влияние содержание кальция, оптимальное содержание которого в рационе способствует максимальному усвоению и отложению меди.

**Цинк** участвует в обмене нуклеиновых кислот и синтезе белков, входит в состав многих гормонов и ферментов, влияет на процессы кроветворения, размножения, рост и развитие организма, обмен углеводов, энергетический обмен, регулирует действие кальция и меди.

Недостаток цинка приводит к паракератозу, отсутствию аппетита, скрежету зубов, рвоте, поносам, нарушению воспроизводительной функции.

Отрицательно влияет на усвоение цинка кальций. Чем больше в рационе кальция, тем хуже используется цинк.

У крупного рогатого скота недостаток цинка вызывает вялость, слабость, потерю шерсти, кератинизацию кожи, а значительные его дозы приводят к нарушению равновесия с медью и железом.

Потребность в цинке у коров составляет 50 – 60 мг/ кг сухого вещества корма. Взрослый скот заболевает только при дозе 500 мг/ кг живой массы.

**Марганец** усиливает в организме окислительные процессы и синтез гликогена, увеличивает потребление кислорода и утилизацию жиров. Он влияет на развитие костной ткани и половых функций, стимулирует синтез холестерина и жирных кислот, влияет на усвоение витаминов В, Е, С и минеральных веществ Fe, Ca, P.

При недостатке марганца снижается плодовитость крупного рогатого скота (часто встречаются аборт и рождение мертвых телят).



Потребность в марганце составляет 60 – 80 мг/ кг сухого вещества рациона. Токсикоз марганца у скота наблюдается очень редко.

При избыточном поступлении марганца повышается концентрация его в костях, что приводит к заболеванию, идентичному рахиту, а избыточное его содержание в рационах коров приводит к резкому изменению состава микрофлоры рубца.

**Кобальт** играет роль активатора ферментов в обмене веществ животных, участвует в процессе кроветворения. Он накапливается в печени и мышцах. Физический эффект кобальта обусловлен его присутствием в молекуле витамина В<sub>12</sub>. При недостатке кобальта развивается гиповитаминоз, так как витамин В<sub>12</sub> синтезируется в рубце микрофлорой при наличии кобальта. Коровы очень восприимчивы к паратуберкулезу в местностях с кобальтовой недостаточностью.

У скота потребность в кобальте составляет 0,1 мг/ кг сухого вещества рациона. Его дефицит в рационах беременных животных приводит к выкидышам, тяжелым родам, а избыток в рационах всех видов животных вызывает полицитемию крови и гиперплазию головного мозга, потерю аппетита, снижение продуктивности.

**Йод** входит в состав тираксина – гормона щитовидной железы, который оказывает влияние на рост животных, обмен веществ, теплообразование и функцию воспроизводства. Он необходим для нормальной жизнедеятельности многих микроорганизмов рубца.

Недостаток йода в рационах коров приводит к снижению секреции молока и молочного жира. Один из внешних признаков йодной недостаточности – это увеличение щитовидной железы, что проявляется в образовании зоба. Дефицит йода может привести к абортam.

Потребность в йоде у скота – 0,6 – 0,8 мг/ кг сухого вещества.

Содержание йода в кормах прямо зависит от его содержания в почве или воде. В молодых растениях его содержится больше, чем в старых. Недостаток йода восполняется солью-лизунцом.

Очень высокие дозы йода ведут к прекращению деятельности яичников и перерывам в лактации. Молодые животные чувствительны к даче йода сверх нормы (50 – 100 мг/ кг сухого вещества рациона).

**Селен** обладает иммуностимулирующим, противоопухолевым и антиоксидантным действием. Он воздействует на процессы тканевого дыхания, регулирует усвоение и расход витаминов А, Е, К, С в организме, определяет скорость протекания окислительно-восстановительных реакций.

Недостаток селена в рационе животных снижает продуктивность. Он является причиной некроза печени, замедления роста, мышечной дистрофии, отека легких, нарушения воспроизводительной функции.

При избыточном содержании селена в рационе может произойти отравление животных. Клиническими признаками острой формы отравления являются: угнетение, слабый и частый пульс, одышка, вздутие, колики. Смерть может произойти от паралича дыхательного центра. Хроническое отравление селеном наблюдается при применении корма, содержащего селен в количестве 5 мг/ кг корма, в течение длительного времени.

### **Витамины**

Это группа органических веществ разнообразной химической природы, которые биологически активны в очень малых дозах. Они не являются источником энергии или пластическим материалом, но необходимы для жизненных функций. Витамины образуются, за некоторым исключением, только в растительных клетках или тканях.

При кормлении сельскохозяйственных животных, особенно высокопродуктивных коров, необходимо контролировать поступление витаминов А, Д, Е и каротина.

**Витамин А** (ретинол). Роль и значение витамина А для живого организма отражают его названия: «фактор роста», «жирорастворимый витамин А», «антиксофталмический» (аксерофтол), «антиинфекционный».

Витамин А обеспечивает нормальное состояние эпителия кожи, дыхательных путей, пищеварительного тракта, половых органов, принимает участие в обмене белков и минеральных веществ в организме животных, ускоряет окислительно-восстановительные процессы, повышает содержание гликогена в мышцах, сердце и печени, участвует в синтезе гормонов коры надпочечников.

Витамин А содержится только в живом организме, в растениях его нет. В растительных кормах есть вещества, предшественники витамина А, которые объединены в одну большую группу каротиноидов, из которых наиболее распространен в природе каротин. В организме каротин превращается в витамин А под воздействием фермента каротины. Для животного не имеет значения, в какой форме в его организм поступает витамин А: в чистом виде, в препаратах или в виде каротина. Исключение составляют новорожденные, организм которых не

может превращать каротин в витамин А, поэтому они должны получать непосредственно чистый витамин А.

Доступность каротина и превращение его в витамин А существенно понижается при повышении содержания нитратов и нитритов в кормах рациона. Усвояемость каротина коровами составляет 50 – 52 %. Биологическая активность витамина А и каротина измеряется в международных единицах (МЕ) и мг. Одна международная единица витамина А равна 0,3 мкг чистого витамина А или 0,6 мкг чистого β-каротина. Витамин А и каротин чувствительны к кислороду воздуха и легко окисляются, свет и температура ускоряют процесс распада витамина А.

Основным депо витамина А в организме животных является печень. Потребность в нем для дойных коров составляет 3200 МЕ/ кг сухого вещества корма.

У коров при недостатке витамина А наблюдается понижение его содержания в молоке, крови, печени, отмечается плохое воспроизводство. Избыточное его поступление в организм животных вызывает А-гипервитаминоз. У животных наблюдаются судороги, вялость, отмечаются кровоизлияния на слизистых оболочках, могут быть аборт, уродство плода, дегенерация печени, селезенки, почек. Токсикоз витамина А бывает только при стократном перекармлении.

Потребность животных в каротине в зимний период удовлетворяют в первую очередь путем скармливания кормов, содержащих повышенное количество каротина: сено, сенаж, травяная и хвойная мука, высококачественный травяной силос, морковь.

При недостатке этих кормов, а также незначительном содержании в них каротина для высокопродуктивных дойных коров и беременных маток в последнюю треть беременности для ликвидации выраженного А-авитаминоза необходимо вводить витамин А по 100 – 120 тыс МЕ на голову в сутки. В летний период при достаточном обеспечении коров зелеными кормами потребность в каротине полностью удовлетворяется.

Суточная потребность в каротине для дойных коров составляет 50 – 60 мг в расчете на одну кормовую единицу.

**Витамин Д** (кальциферол) – один из немногих витаминов, который не вырабатывается растениями и не содержится в растительных продуктах.

Основная функция, которую выполняет витамин Д в организме – это стимуляция всасывания кальция в пищеварительном тракте. При недостатке витамина Д кальций кормов переходит в организме в не-

растворимые фосфорнокислые соли, которые выделяются с калом, при этом развивается рахит, остеомалация. У взрослых животных витамин Д оказывает влияние на обмен белков, углеводов, функцию желез внутренней секреции.

В тканях животных и растениях имеются вещества, которые являются физиологически неактивными предшественниками витамина Д. Под действием ультрафиолетовых лучей провитамин Д растений переходит в витамин Д<sub>2</sub>. В коже животных содержится другой провитамин Д<sub>7</sub>, который также под действием ультрафиолетовых лучей превращается в витамин Д<sub>3</sub>.

Известно около 10 соединений, обладающих Д-витаминной активностью. Однако практическое значение в животноводстве имеют Д<sub>2</sub> (эргокальциферол), Д<sub>3</sub> (холекальциферол). Для коров витамины Д<sub>2</sub> и Д<sub>3</sub> имеют практически одинаковую активность.

Активность витаминов Д исчисляется в международных единицах (МЕ). 1 МЕ равна 0,025 мкг витамина Д<sub>2</sub>.

Считается, что в условиях летнего содержания животные способны создавать запасы витамина Д на 1 – 3 мес.

Потребность в витамине Д<sub>3</sub> у дойных коров составляет 300 МЕ/ кг сухого вещества корма. Дефицит витамина Д наблюдается как правило зимой, когда ограничены прогулки и недостаточна инсоляция животных. Поэтому в зимний период в солнечную погоду необходимо обязательно практиковать прогулки коров, что будет способствовать образованию витамина Д в организме.

Суточная потребность дойных коров в витамине Д составляет 1 тыс. МЕ на 1 кормовую единицу.

**Витамин Е** (токоферол) обладает широким действием в организме животных. Недостаток его вызывает нарушение функции размножения (рассасывание плода, дегенерацию семенников), мышечную дистрофию, энцефаломалацию, ожирение и некроз печени, анемию.

Витамин Е участвует в обмене белков и углеводов. Всасывается токоферол вместе с жирами. Витамин Е устойчив к воздействию кислот, поэтому он в силосах сохраняется до 4 – 6 месяцев. Однако он быстро разрушается под действием ультрафиолетового облучения, при солнечной сушке растений в течение 2 – 3 дней токоферолы разрушаются полностью, но сохраняются гораздо дольше при сушке в тени. Обмен витамина Е в организме связан с обменом селена. Поэтому беломышечную болезнь у молодняка можно предупредить введением в рацион селенита натрия (0,1 – 0,2 мг/ кг сухого вещества корма). Высокие

дозы витамина А усугубляют недостаточность витамина Е и повышают потребность в нем.

В летние месяцы животные обычно полностью обеспечены витамином Е, так как его достаточно содержится в естественных кормах. Потребность в витамине Е возрастает в зимне-стойловый период, когда в кормах накапливается много перекисей, разрушающих витамин.

Активность витамина Е измеряется в мг. Суточная потребность в нем составляет для коров 10 – 30 мг/ кг сухого вещества рациона. Высокие дозы витамина Е у животных угнетают рост и нарушают функции размножения.

Суточная потребность коров в витамине Е составляет 40 мг на одну кормовую единицу.

**Вода** наряду с другими питательными веществами имеет большое значение в процессе производства молока. Потребность коровы в воде удовлетворяется за счет питьевой воды, а также за счет поступления её с кормами.

На потребление воды влияют следующие факторы: суточное потребление сухого вещества, температура окружающей среды, физиологическое состояние животного (табл. 1.3).

Установлено, что на 1 кг сухого вещества рациона корова потребляет в среднем 4,5 кг воды. При недостатке воды в рационе происходит снижение молочной продуктивности в тот же день. Приблизительная потребность коров в питьевой воде определяется по формуле

$$A = 20 + (1,6 \times \text{сут. удой, кг}).$$

Т а б л и ц а 1.3. Потребление питьевой воды дойной коровой, л/ сут

Суточный удой, кг	Температура окружающей среды, °С		
	T=0°С	T=15°С	T=30°С
0	37	46	62
10	47	65	83
20	63	81	99
30	77	95	113
40	91	109	127

Пики времени питья наблюдаются во время и после поедания объёмистых кормов и после дойки.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РАЦИОНАМ

Правильное кормление крупного рогатого скота учитывает особенности превращения веществ в преджелудках жвачных. Решающая роль

в этих процессах принадлежит микроорганизмам. С их жизнедеятельностью связаны переваримость сахара, крахмала, клетчатки, протеина.

Важное значение для питания крупного рогатого скота имеет наличие в рационе целлюлозо-лигнинового комплекса (сырая клетчатка), в большом количестве входящего в состав сухого вещества травы, сена, сенажа, силоса и соломы. Целлюлоза этого комплекса перерабатывается целлюлозоферментирующими микроорганизмами, которые очень чувствительны к повышению кислотности среды. Лучше всего эти бактерии функционируют в рубце при значении pH от 6,4 до 7,0 (слабокислая среда). Но если pH снижается ниже 6,0, то их жизнедеятельность и функции прекращаются. Поэтому необходимо так комбинировать составляющие рациона и порядок их скармливания, чтобы в рубце был достигнут и поддерживался оптимальный уровень pH (6,4 – 6,8). Перенасыщение рационов клетчаткой будет приводить к снижению скорости переваривания и усвоения органического вещества, что отрицательно скажется на уровне продуктивности животного. Таким образом, целлюлозо-лигниновый комплекс (его размер в сухом веществе) оказывает прямо пропорциональное влияние на концентрацию продуктивной (овсяные кормовые единицы) и обменной энергии (энергетические кормовые единицы) в сухом веществе кормов и рационов.

Обратной величиной концентрации овсяных кормовых единиц в сухом веществе корма является коэффициент объема (КО), который можно определить, разделив единицу на величину концентрации кормовых единиц в сухом веществе.

Итак, коэффициент объема – это количество сухого вещества корма (кг), приходящегося на 1 к.ед. Продуктивность крупного рогатого скота зависит от состава рациона, скорости переваривания органического вещества. Поэтому имеет значение, из какого весового объема сухого вещества корма животное получает (извлекает) кормовую единицу продукции.

Величина КО как интегральный показатель качества корма, введенная в научный и практический обиход Лерви и рекомендованная С.И. Поповым, используется нами как один из главных показателей нормированного кормления крупного рогатого скота.

Для нормированного кормления крупного рогатого скота применяются следующие показатели: сухое вещество, овсяные кормовые единицы, обменная энергия, сырой протеин, переваримый протеин, лизин, сырая клетчатка, сахар, крахмал, сырой жир, кальций, фосфор, натрий и хлор, магний, калий, сера, железо, медь, цинк, марганец, кобальт, йод, селен, каротин, витамин Д (кальциферол), витамин Е (токоферол), коэффициент объема (КО).

В рационы включают только те корма, которые соответствуют природе и особенностям крупного рогатого скота, на основе исходной

информации о них: данных зоотехнического анализа районных лабораторий, данных о питательности с аналогичным названием из справочных пособий применительно к условиям хозяйств и зоны, где они расположены, их стоимости и результатов сопоставления и коррекции элементов питания на основе фактического содержания в них сухого вещества.

Чтобы правильно составить рацион для крупного рогатого скота, необходима не только информация о наличии в хозяйстве кормов по видам и их питательности, но и данные о кормовом запасе по каждому виду в процентах, которые серьезно влияют на структуру кормового рациона.

Важной составляющей рациональной организации кормления крупного рогатого скота является правильное определение норм потребности в энергии, протеине и других элементах питания с учетом продуктивности животных, особенностей их физиологического состояния. В связи с этим принимают во внимание рекомендуемые типы кормления и структуру рационов для отдельных технологических групп животных применительно к зоне или региону, в котором расположено хозяйство.

Учет перечисленного комплекса факторов при проведении такой подготовительной работы обеспечит правильное составление сбалансированных рационов.

### **3. КОРМЛЕНИЕ СТЕЛЬНЫХ СУХОСТОЙНЫХ КОРОВ**

Продуктивность коров за лактацию, а также развитие и здоровье теленка в значительной мере определяются условиями их кормления и содержания в стельный сухостойный период. Задача кормления в этот период сводится к следующему: получить от коровы здорового жизнеспособного теленка; подготовить ее к высокой продуктивности, обеспечив хорошую упитанность; предохранить животное от маститов, родильного пареза, расстройства пищеварения, обеспечить улучшение состояния нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем. В последние три месяца стельности формируется около 80 % массы теленка. В связи с повышением интенсивности новообразовательных процессов заметно возрастают энергетический (в среднем на 40 %), белковый, углеводный и минеральный обмены в организме стельной коровы. Потребность в энергии зависит от упитанности в момент запуска, которая к этому времени не должна быть ниже средней. К отелу сухостойные коровы должны иметь хорошую упитанность, но без ожирения. За период сухостоя они должны увеличить свою живую массу на 10 – 12 %, т. е. создать определенный запас питательных веществ. Однако необходимо организовать кормление коров таким образом, чтобы отложение питательных веществ происходило не в последние месяцы перед отелом, а в течение второй половины стельности.

Это благоприятно скажется на обмене веществ в предродовый и послеродовый периоды.

На каждые 100 кг живой массы коровы должны потреблять в среднем 2,1 – 2,4 кг сухого вещества, в 1 кг которого должно содержаться 0,75 – 0,85 кормовых единиц, (для высокопродуктивных этот показатель должен быть еще выше – 0,9 – 0,95 к. ед).

Например, в рационе для коровы с плановым годовым удоем 4000 кг молока должно содержаться 8,8 к. ед. и 10,7 кг сухого вещества, а с удоем 7000 кг молока за лактацию – соответственно 13,5 и 14,2.

Для интенсивно растущего плода требуется повышенное количество переваримого протеина, поэтому на каждую кормовую единицу рациона стельной коровы его должно приходиться не менее 110 г. При этом необходим контроль рационов и по наличию критических аминокислот (лизин).

У стельных сухостойных коров в печени, эмбрионе и плаценте накапливается большое количество гликогена (животный крахмал), который расходуется на процессы, связанные с отелом и жизнедеятельностью новорожденного теленка. Для формирования этих отложений гликогена на каждые 100 г переваримого протеина рациона достаточно иметь 80 – 100 г сахара (сахаро-протеиновое отношение 0,8 : 1). Более высокое содержание в рационах сахара может стать причиной нарушения в организме углеводного обмена (гипергликемия, глюкозурия). В организме стельной сухостойной коровы интенсивно протекает липидный (жировой) обмен. В печени, легких, лимфатических узлах, плаценте, желтом теле и молочной железе значительно увеличивается содержание жира. При усиленном его синтезе в этот период и замедленном расщеплении в организме могут накапливаться недоокисленные продукты жирового обмена ( $\beta$ -оксимасляная, аденилфосфорная, ацетоуксусная кислоты, ацетон и др.), что может вызывать заболевание ацетонемией (угнетенное состояние, слабость, атония преджелудков и др.). Поэтому в рационе нежелательно преобладание кормов, богатых легко ферментируемыми углеводами и жиром.

Наилучшими кормами для стельных сухостойных коров будут: злаково-бобовое сено, сенаж, силос кукурузный, убранный в фазе молочно-восковой спелости, концентраты. Не рекомендуется скормливать стельным сухостойным коровам пивную дробину, жом, барду, картофельную мезгу. Дача этих кормов может вызвать аборт или быть причиной рождения ослабленных телят. Особое внимание следует обращать на доброкачественность силоса и сенажа.

За 8 – 10 дней до отела количество сочных кормов в рационе коров уменьшают наполовину.

Систематический активный моцион предупреждает чрезмерную отечность вымени перед отелом. Отложение в организме витамина Д способствует сокращению случаев заболеваний животных парезом.



У стельных коров напряженно протекает минеральный обмен, значительно возрастает расход кальция и фосфора для формирования скелета и других органов плода (их недостаток может привести к абортam, рождению слабых, недоразвитых телят). Возрастают потребности стельных коров в натрии, кобальте, меди, йоде, марганце и других минеральных элементах. Балансирование рационов по микро- и макроэлементам способствует улучшению ассимиляции организмом всех питательных веществ.

Рацион сухостойных коров должен быть сбалансирован по витаминам А, Д, Е. У них более высокие потребности в каротине, чем у лактирующих коров. Коровам, имеющим к началу стельного сухостойного периода низкую упитанность, необходимо выдавать кормов на 20 – 25 % больше.

Рацион для стельных сухостойных коров с плановым годовым удоем 4000 кг молока может быть следующим: сено – 3 – 4 кг, сенаж злаково-бобовый – 10 – 12 кг, силос кукурузный – 10 – 12 кг, патока кормовая – 0,5 – 0,7 кг, концентраты – 2,5 – 3,5 кг. При отсутствии патоки её можно заменить на 8 – 10 кг кормовой свеклы.

Коровы с ожидаемым удоем 6 – 7 тыс. кг должны получать в сутки 4 кг сена, 12 кг сенажа, 12 кг силоса кукурузного, 0,6 – 0,8 кг патоки и 5 кг концентратов (два раза в сутки). Силос может быть заменен на сенаж. В летний период основу рационов должны составлять зеленые корма и 1,5 – 2 кг концентратов.

**Пример.** Составить суточный рацион для стельной сухостойной коровы живой массой 500 кг (вторая декада стельного сухостойного периода). Планируемый уровень молочной продуктивности – 5000 кг молока в пересчете на 4%-ную жирность. В рацион включить сено тимopheевки, сенаж многолетних злаково-бобовых трав, силос многолетних трав, дерть ячменную, дерть гороховую, шрот подсолнечниковый, витапротеин для коров, поваренную соль, минеральные добавки. Нормы кормления стельных сухостойных коров приведены в табл. 3.1, информация о питательности кормов – в табл. 3.2, а форма записи рациона – в табл. 3.3.

Последовательность работы по составлению рациона для стельных сухостойных коров следующая:

1. Готовят информацию о питательности кормов так, как это показано в табл. 3.2.

2. Важнейший показатель – КО (коэффициент объема). Его находят путем деления количества сухого вещества в 1 кг корма (кг) на содержание кормовых единиц.

К числу необходимой дополнительной информации, которая требуется при составлении рационов, относится концентрация кормовых единиц и сахара в сухом веществе, переваримого протеина и сахара в расчете на 1 к. ед. (табл. 3.2).

3. Определяют нормы потребности стельных сухостойных коров (табл. 3.1) и заносят их в табл. 3.3.

В рекомендуемых в настоящее время детализированных нормах кормления стельных коров предусмотрена суточная потребность в основных факторах питания нормально упитанных, закончивших рост животных при хороших условиях содержания в течение сухостойного периода. При нижесредней упитанности к этим нормам следует добавлять 1 – 2 к.ед. и соответственно увеличивать количество других питательных веществ.

Таблица 3.1. Нормы кормления стельных сухостойных коров, на 1 гол. в сутки

Показатели	Плановый удой, кг									
	4000		5000		6000		7000		8000	
	Живая масса									
	400	500	500	550	550	600	600	650	600	650
Корм. ед.	8,1	8,8	9,9	10,4	11,9	12,3	13,5	13,8	14,2	14,6
ЭКЕ	9,4	10,5	11,6	12,2	13,7	14,2	15,3	15,6	16,2	16,7
Сухое в-во, кг	9,82	10,73	11,61	12,24	12,93	13,44	14,21	14,60	14,59	15,05
Сырой протеин, г	1340	1457	1676	1766	1998	2075	2286	2348	2469	2545
Пер. протеин, г	872	970	1090	1144	1131	1355	1485	1520	1605	1650
Лизин, г	67	77	81	85	87	90	98	101	102	105
Сырая клетчатка, г	2357	2575	2670	2815	1284	2956	2984	3066	2918	3010
Крахмал, г	769	850	1175	1234	1417	1465	1930	1973	2085	2143
Сахар, г	697	775	780	820	1180	1220	1485	1518	1605	1650
Сырой жир, г	251	280	335	352	430	445	515	526	585	601
Соль повар., г	46	55	60	63	73	75	80	82	85	87
Кальций, г	72	90	95	100	116	120	130	133	135	139
Фосфор, г	41	50	55	58	68	70	75	77	80	82
Магний, г	17,4	20	21	22,1	22,3	23	24	24,5	26	26,7
Калий, г	60	66	70	73	84	87	90	92	97	100
Сера, г	19,5	22	23	24,2	28	29	30	30,7	32	32,9
Железо, мг	554	615	695	730	832	860	945	966	1020	1049
Медь, мг	77	90	100	105	121	125	135	138	145	149
Цинк, мг	395	440	495	520	595	615	675	690	730	750
Кобальт, мг	5,5	6,2	6,9	7,3	8,3	8,6	9,5	9,7	10,2	10,5
Марганец, мг	395	440	495	520	595	615	675	690	730	750
Йод, мг	5,5	6,2	6,9	7,3	8,3	8,6	9,5	9,7	10,2	10,5
Каротин, мг	395	440	495	520	653	675	810	828	875	900
Витамин D, тыс.МЕ	7,9	8,8	10,9	11,5	13,1	13,5	16,2	16,6	17,5	18,1
Витамин E, мг	318	350	395	392	474	490	640	552	585	601
Конц. ОКЕ, кг/СВ	0,825	0,820	0,853	0,850	0,920	0,915	0,950	0,945	0,973	0,970
КО, кгСВ/КЕ	1,212	1,220	1,172	1,176	1,087	1,093	1,053	1,058	1,028	1,031
Конц. СП, г/кг СВ	136,5	135,8	144,4	144,3	154,5	154,4	160,9	160,8	169,2	169,1

**Т а б л и ц а 3.2. Информация о питательности кормов**

Наименование	Единица измерения	Сено тимофеевки	Сенаж многолет. бобово-злак. трав	Силос многолетних трав	Со-лома яровая	Свекла кормовая	Дерть ячменная	Дерть гороховая	Шрот подсолнечниковый	Вита-протейн	Премикс П-60-6 м	Трава культур. пастбищ	Гороховая смесь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Сухое в-во	%	88,2	44,6	31,89	77,5	10,8	85,02	85,4	90,47	84,7	-	23,0	14,9
Корм. ед.	кг	0,524	0,32-	0,24	0,28	0,11	1,16	1,174	1,025	0,96	-	0,20	0,13
Обм. энергия	МДЖ	6,6	4,0	3,07	5,1	2,83	11,38	11,09	10,63	6,7	-	2,25	1,32
Сырой прот.	г	86,3	66,5	42,5	39	14	94,8	218	428	407	-	34	26
Перев. прот.	г	49,3	39,1	29	13	11	69Г	191	386	387	-	22	19
Лизин	г	2,1	3,3	0,7	2,0	0,5	4,1	19,9	14,2	27	-	1,6	1,7
Сырой жир	г	18,7	7,8	13,6	15	1,0	15,6	25,5	19	27	-	10	3
Сырая клетч.	г	293	142	97,5	311	13	40,9	54,6	143	70	-	40	44
Сахар	г	70,7	13,31	10,0	6	56	53,9	54	4 1; 6	63,3	-	26	28
Крахмал	г	14	8	4,7	-	6	445	456	15,9	153	-	8	3
Кальций	г	5,9	3,3	2,4	4,3	0,5,	1,87	2,18	3,65	4	-	3,0	2,3
Фосфор	г	2,1	0,97	0,84	2,2	0,6	4,58	4,2	12,2	7,2	-	1,7	0,8
Магний	г	1,0	1,18	0,44	1,1	6,4	1,0	1,09	6,35	-	-	0,5	0,4
Калий	г	1,5	5,6	4,0	13,9	2,6	4,71	9,09	6,35	-	-	3,0	3,3
Сера	г	1,5	1,43	0,61	1,7	0,1	1,30	0,73	3,97	-	-	0,5	-
Железо	мг	124	71	51	91	20	19,9	16,4	17,5	-	-	58	20
Медь	мг	9,7	3,6	1,5	2,4	1,9	3,11	9,09	23,8	636	1000	1,6	1,0
Цинк	мг	29	12,9	14,9	7,0	7,0	2,5,7	27,3	47,6	4631	7000	8	11
Марганец	мг	102	28	6,7	87	15	21,4	23,6	54	3083	2000	36	24
Кобальт	мг	0,05	0,05	0,026	0,06	0,01	0,051	0,24	0,52	9,6	170	0,01	0,02
Йод	мг	0,22	0,094	17	0,24	0,055	0,287	0,07	0,84	82	140	0,10	0,06
Каротин	мг	15,7	17,9,	14,3	-	-	-	-	-	2903	5609	35	21

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Витамин D	тыс.	0,2	0,09	0,07	-	-	-	-	-	128	320	0,004	-
Витамин E	мг	37	50	35	5,4	0,4	35,7	46	-	240	2500	45	50
Стоимость	руб.	20210	8700	6580	4900	17200	95412	95412	33200	-	-	4600	5100
Коэф. об.	кгСВ/	1,683	1,395	1,328	2,80	0,982	0,733	0,727	0,883	0,882	-	1,15	1,146
Перев. прот.	г/КЕ	94,1	122,1	121	46	100	59,5	162,7	376,6	403	-	110	146
Сахар	г/КЕ	135	41	42	21	545	46	46	46	66	-	130	215

Т а б л и ц а 3.3. Рацион кормления стельных сухостойных коров живой массой 500 кг, удой 5000 кг, жирность 4%

Наименование	Норма	Сено тимо- фееч- ное	Сенаж мно- голет. бобо- во- злак. трав	Силос мно- го- лет. трав	Свекла кор- мовая	Вита- проте- ин	Дерть яч- мен- ная	Дерть горо- ховая	Шрот под- сол- нечни- ковый	Итого в рационе	± к нор- ме	Добавки		
												Соль	Кост- ная мука	Хлор, ко- бальт, мг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кол-во, кг	-	3,5	5,5	7,5	3,5	0,081	2,771	0,353	0,404	23,6	-	0,06	0,110	20
Корм. ед.	9,9	1,834	1,76	1,80	0,385	0,078	3,214	0,415	0,414	9,9	-		-	-
ОЭ, МДж	116	23,1	22,0	23,0	9,9	0,54	31,5	3,9	4,3	118	2	-		-
Сух. в-во, кг	11,61	3,09	2,45	2,39	0,378	0,07	2,36	10,30	10,37	11,41	-0,2	-	-	-
Сыр. протеин,	1676	302	366	319	49	33	263	77	173	1582	-94	-	-	-
Пер. протеин, г	1090	173	215	218	38	31	191	67	156	1089	-	-	-	-
Лизин, г	81	7,4	18,2	5,3	1,8	2,1	11,4	7,0	5,7	59	-22	-	-	-
Сыр. жир, г	335	65	43	102	4	2	43	9	7	275	-	60		
Сыр. клетч., г	2670	1025	781	731	45	6	113	19	58	2778	108	-	-	-
Сахар, г	780	247	73	75	196	5	149	19	19	783	-	-	-	-

Крахмал, г	1175	49	44	35	21	12	1233	16	6	1416	241	-	-	-
Соль повар., г	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-	-
Кальций, г	95	20,7	18,2	18,0	1,7	0,3	5,2	0,8	1,5	66,4	-28,6	-	29	-
Фосфор, г	55	7,4	5,3	6,3	2,1	0,6	12,7	1,5	4,9	40,8	-14,2	-	15,4	-
Магний, г	21	3,5	6,5	3,3	1,4	-	2,8	0,4	2,6	20,5	-	-	-	-
Калий, г	70	53	31	30	9	-	13	3	3	142	72			
Сера, г	23	5,3	7,9	4,6	0,4	-	3,6	0,3	1,6	23,7	-	-	-	-
Железо, мг	695	434	390	383	70	-	55	6	7	1345	650	-	-	-
Медь, мг	100	34	20	11	7	51	9	3	10	145	45	-	-	-
Цинк, мг	495	102	71	112	24	375	71	10	19	784	289	-	-	-
Марганец, г	495	357	154	50	52	250	59	8	22	952	457	-	-	-
Кобальт, мг	6,9	0,18	0,28	0,19	0,004	0,78	0,14	0,08	0,21	1,86	-5,04	-	-	5,04
Иод, мг	6,9	0,77	0,52	1,28	0,19	6,6	0,80	0,02	0,34	10,52	3,62	-	-	-
Каротин, мг	495	55	98	107	-	235	-	-	-	495	-	-	-	-
Вит. D, тыс.	10,9	0,7	0,5	10,5	-	10,4	-	-	-	12,1	1,2	-	-	-
Вит. E, мг	395	129	275	262	1	19	99	0,4	-	785	390	-	-	-
Стоим., руб.	-	7073	478	493	602	891	2643	337	1341	7492	-	-	-	-
КО, кг СВ/КЕ	1,172	1,683	1,95	1,328	0,98	0,882	0,733	0,727	0,883	1,153	-	1,15	1,146	-

В течение сухостойного периода нормы кормления изменяются так, как это показано в табл. 3.4.

Т а б л и ц а 3.4. Изменение норм кормления сухостойных коров по декадам сухостойного периода, %

Декада сухостойного периода					
I	II	III	IV	V	VI
80	100	120	120	100	60

Следовательно, согласно изменению норм по декадам, рацион стельной сухостойной коровы необходимо плавно корректировать, не изменяя перечень кормов, но увеличивая или уменьшая их количество.

4. Проводят обоснование структуры кормового рациона, используя для этого данные о КО (коэффициенте объема). Начинают его с группировки кормов. В первую группу включают травяные объемные корма, во вторую группу – концентраты и корнеплоды, затем находят средние показатели КО для каждой группы кормов (табл. 3.5).

Т а б л и ц а 3. 5. Группировка кормов, определение по группам средних коэффициентов объема (КО)

Группа I	КО, кг СВ/к.ед.	Группа II	КО, кг СВ/к.ед.
Сено тимopheевки	1,683	Свекла кормовая	0,982
Сенаж многолетних злаково-бобовых трав	1,395	Дерть ячменная	0,733
Силос многолетних трав	1,328	Дерть гороховая	0,727
Сумма	4,406	Шрот подсолнечниковый	0,883
Сред. арифметическое	1,469	Сумма	3,325
		Сред. арифметическое	0,831

Пользуясь квадратом Пирсона, находят количество частей для распределения нормы кормовых единиц для стельных сухостойных коров.

По диагонали от большего вычитают меньшее. И далее большее делят на меньшее, независимо от того, в числителе оно стоит или в знаменателе.

I КО травяных

объемистых кормов 1,469

КО нормы потребности  
1,172

$$\frac{0,341}{0,297} = 1,148$$

II КО концентратов

и корнеплодов 0,831

В нашем примере сумма частей составила 2,148 (1,148+1). Из них одна часть приходится на концентраты и корнеплоды (вторая группа). Количество кормовых единиц, которое необходимо набрать в рационе концентратами и корнеплодами, составит 4,61 (9,9:2,148). Количество кормовых единиц, которое надо дать в рационе за счет травяных объемистых кормов, будет равно 5,29 (9,9–4,61).

5. Согласно найденной структуре рациона распределяют кормовые единицы травяных объемистых кормов по видам. В вашем примере – три вида травяных объемистых корма. В среднем на каждый из них в рационе приходится 1,763 к.ед. (5,29:3). Теперь можно определить, сколько каждого корма можно включить в состав рациона.

Сено –  $1,763:0,524 = 3,36$  кг.

Сенаж –  $1,763:0,32 = 5,50$  кг.

Силос –  $1,763:0,24 = 7,35$  кг.

Округление цифр, означающих количество сена, сенажа и силоса, необходимо делать с таким расчетом, чтобы эти корма не заняли в рационе большее количество кормовых единиц, чем им отведено найденной по квадрату Пирсона структурой. В нашем примере округление, которое практически не нарушило величину кормовых единиц (5,29), отведенную для травяных объемистых кормов, выглядит так: сено – 3,5 кг (1,834 к.ед.), сенаж – 5,5 кг (1,760 к.ед.) и силос – 7,5 кг (1,80 к.ед.), всего 5,394 к.ед.

Количество травяных объемистых кормов проставляют в рацион (табл. 3.3) и подсчитывают в них все элементы питания. Затем определяют количество концентратов и корнеплодов. Сначала находят количество корнеплодов на основе балансирования рационов по сахару. От нормы потребности в сахаре 780 (табл. 3.1) вычитают его содержание в травяных объемистых кормах (табл. 3.3), а также ту его часть, что хотя бы приблизительно поступит с концентратами. Оставшийся сахар делят на величину его содержания в 1 кг кормовой свеклы и находят ее количество в рационе.

$$780 - \left[ 247 + 73 + 75 + 4,61 \cdot \left( \frac{46 + 46 + 46}{3} \right) \right] = 173;$$

$$173 : 56 = 3,1 \text{ кг.}$$

Учитывая то, что в величину 4,61 к.ед. входят помимо концентратов и корнеплоды, мы должны отминусовать только сахар, который поступит с концентратами, сделав поправку по сахару на количество кормовых единиц, содержащихся в кормовой свекле, и определив потребность в свекле с учетом этой поправки.

$$780 - \left[ 247 + 73 + 75 + (4,61 - 3,1 - 0,11) \cdot \left( \frac{46 + 46 + 46}{3} \right) \right] = 189;$$

189 : 56 = 3,38; округленно 3,5 кг.

Количество свеклы заносят в рацион и подсчитывают содержание питательных веществ. Перед завершением балансирования рациона по протеину и энергии его балансируют по каротину и витамину Д, если в травяных объемистых кормах этих витаминов недостаточно. В концентратах их нет, поэтому данную проблему надо решать введением витаминных препаратов парентерально или перорально в составе витапротеина или премикса.

Находят дефицит каротина:  $495 - (55+98+107) = 235$  мг. Для покрытия этого дефицита потребовалось бы 81 г витапротеина ( $235 \times 1000:2903$ ).

Далее находят дефицит витамина Д:  $10,9 - (0,7+0,5+0,5) = 9,2$  тыс. ИЕ. Для покрытия этого дефицита потребовалось бы 72г витапротеина ( $9,2 \times 1000:128$ ). Принимают решение включить в рацион 81г витапротеина для одновременного покрытия дефицитов по каротину и витамину Д. Это количество витапротеина проставляют в рацион и подсчитывают содержание элементов питания. Остался этап балансирования рациона по кормовым единицам, обменной энергии и протеину. Находят остаток кормовых единиц и остаток переваримого протеина, которые необходимо добалансировать концентратами (табл. 3.3). Остаток кормовых единиц:  $9,9 - (1,834+1,76+1,80+0,385+0,078) = 4,043$ . Остаток переваримого протеина, г:  $1090 - (173+215+218+38+31) = 415$ .

Нагрузка переваримого протеина в расчете на 1 к.ед. в остатке составила 102,6 г (415:4,043). Рацион по энергии и протеину балансируют дертью ячменной, дертью гороховой и шротом подсолнечниковым. Количество переваримого протеина на 1 к. ед. в этих кормах (табл. 3.3) следующее: дерть ячменная – 59,5 г/ к. ед., дерть гороховая – 162,7, шрот подсолнечниковый – 376,6 г/ к. ед.

Чтобы сэкономить дорогостоящий шрот, в рацион включают гороховую дерть. Тогда необходимо показатель нагрузки переваримого протеина на 1 к.ед. в шроте и горохе усреднить:

$$(376,6+162,7):2 = 269,7 \text{ г/ к. ед.}$$

С помощью квадрата Пирсона находят количество частей ячменной дерти и смеси шрота с гороховой дертью для распределения остатка кормовых единиц под эти корма. Для этого расчета используется показатель нагрузки переваримого протеина на 1 к.ед.



Ячменная дерть 59,5

102,6

$$\frac{167,1}{43,1} = 3,877$$

Шрот и гороховая  
дерть 269,7

Находят количество кормовых единиц для шрота и гороховой дерти:  $4,043 : (3,877 + 1) = 0,829$  к.ед. Одна половина от этого количества (0,414 к.ед.) – для шрота подсолнечникового, а вторая половина (0,415 к.ед.) – для дерти гороховой. Остальные 3,214 к.ед. ( $4,043 - 0,829$ ) должны быть набраны в рационе за счет ячменной дерти. Находят количество шрота, дерти ячменной и дерти гороховой в рационе делением отведенных для них кормовых единиц на питательность (в кормовых единицах) каждого килограмма этих кормов (табл. 3.3).

Шрот подсолнечника:  $0,414 : 1,025 = 0,404$  кг.

Дерть гороховая:  $0,415 : 1,174 = 0,353$  кг.

Дерть ячменная:  $3,214 : 1,16 = 2,771$  кг.

Проставляют найденное количество концентрированных кормов в рацион, подсчитывают элементы питания, по каждому элементу сумму сравнивают с нормой потребности. Обнаруженный дефицит кальция в количестве 28,6 г и фосфора в количестве 14,2 г «закрывают» введением в рацион 110 г костной муки, а дефицит кобальта (5,04 мг) – введением в рацион 20 мг хлористого кобальта. Коэффициент объема в рационе составил 1,153 (11,41:9,9) при норме 1,172. Нельзя допускать, чтобы он был больше, чем требуется по норме.

#### 4. КОРМЛЕНИЕ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ

Физиология лактирующей коровы сложна и интересна, особенно для понимания динамики молочной продуктивности. Нормы кормления для лактирующих коров дифференцированы по фазам лактации с учетом величины их энергетического баланса, уровня молочной продуктивности, размеров отложения питательных веществ в теле про запас, величины затрат на рост плода в утробе матери (табл. 4.1 – 4.4).

Т а б л и ц а 4.1. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 450 кг, энергетический баланс отрицательный (I фаза, 11 – 60 день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг						
	12	14	16	18	20	22	24
1	2	3	4	5	6	7	8
Корм. ед.	10,3	11,3	12,3	13,3	14,3	15,3	16,3
ЭКЕ	12,2	13,3	14,4	15,5	16,6	17,7	18,9
Сух. вещество, кг-	12,7	13,5	14,25	14,96	15,65	16,29	16,91
Сыр, протеин, г	1575	1737	1900	2064	2233	2401	2570
Перев. протеин, г	1030	1153	1270	1390	1520	1654	1788

Лизин, г	93	98	105	110	115	122	128
----------	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Сыр. клетчатка, г	3196	3291	3363	3413	3449	3463	3465
Крахмал, г	1390	1580	1770	2020	2240	2460	2710
Сахар, г	910	1040	1180	1330	1490	1650	1810
Сыр. жир, г	325	370	410	460	505	560	610
Соль, г	71	78	86	94	102	110	118
Кальций, г	71	78	86	94	102	110	118
Фосфор, г	50	56	62	68	74	80	86
Магний, г	21	22	24	25	26	27	28
Калий, г	78	80	88	97	105	113	120
Сера, г	26	28	31	33	36	37	38
Железо, мг	825	921	1017	1113	1209	1305	1403
Медь, мг	91	103	115	127	139	151	164
Цинк, мг	607	687	767	846	926	1006	1085
Кобальт, мг	7.0	8.05	9.1	10.15	11.2	12.25	13.3
Марганец, мг	607	687	767	846	926	1006	1085
Йод, мг	8.05	9.22	10.39	11.56	12.73	13.90	15.05
Каротин, мг	463	513	562	612	661	711	760
Витамин Д, тМЕ	103	114	125	136	147	158	169
Витамин Е, мг	413	457	502	545	589	633	678
ОКЕ/кг СВ	0.813	0.838	0.863	0.889	0.914	0.939	0.964
Коэф. объема, кг СВ/к.ед	1.213	1.193	1.159	1.125	1.094	1.065	1.037
СП/кг СВ, г	124	128,7	133,3	138	142,7	147,4	152

Таблица 4.2. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 450 кг, энергетический баланс нулевой (II фаза, 61 – 120 день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг						
	12	14	16	18	20	22	24
1	2	3	4	5	6	7	8
Корм. ед.	11,1	12,1	13,1	14,1	15,1	16,1	17,1
ЭКЕ	13,1	14,6	16,1	17,6	19,1	20,5	22,0
Сух.вещ-во, кг	13,82	14,61	15,36	16,04	16,70	17,33	17,92
Сыр. протеин, г	1700	1866	2032	2197	2366	2537	2706
Перев. протеин, г	1070	1206	1350	1494	1623	1797	1964
Лизин, г	95	102	109	115	120	127	133
Сыр. клетчатка, г	3505	3591	3656	3692	3714	3719	3726
Крахмал, г	1490	1732	1974	2216	2458	2700	2940
Сахар, г	980	1144	1308	1472	1636	1800	1965
Сыр. жир, г	350	402	452	504	553	606	660
Соль, г	77	86	94	103	111	120	128
Кальций, г	77	86	94	103	111	120	128
Фосфор, г	54	61	67	74	80	87	93
Магний, г	23	24	26	27	28	29	30
Калий, г	84	92	100	108	116	124	130
Сера, г	28	30	32	35	37	39	42
Железо, мг	890	995	1101	1206	1212	1417	1523
Медь, мг	98	113	128	143	158	173	178
Цинк, мг	654	741	828	916	1003	1090	1178
Кобальт, мг	7,54	8,70	9,85	11,00	12,15	13,30	14,15

Марганец, мг	654	741	828	916	1003	1090	1178
--------------	-----	-----	-----	-----	------	------	------

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Иод, мг	8,70	10,00	11,30	12,60	13,90	15,20	16,30
Каротин, мг	498	552	607	661	716	770	825
Витамин Д, тМЕ	11,1	12,3	13,5	14,7	15,9	17,2	18,4
Витамин Е, мг	445	494	542	591	639	687	736
ОКЕ/кг СВ	0,803	0,898	0,853	0,879	0,904	0,929	0,954
Кэф. объема, кг СВ /к.ед	1,245	1,208	1,172	1,138	1,106	1,076	1,048
СП/кг СВ, г	123	127,7	132,3	137,0	141,7	146,4	151,0

Т а б л и ц а 4. 3. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 450 кг, энергетический баланс умеренно положительный (III фаза, 121 – 210 день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг						
	8	10	12	14	16	18	20
1	2	3	4	5	6	7	8
Корм. ед.	9,3	10,3	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5
ЭКЕ	109	121	136	151	166	181	19,6
Сух.вещ-во, кг	12,52	13,41	14,50	15,28	16,01	16,70	17,34
Сыр. протеин, г	1415	1573	1769	1936	2102	2271	2440
Перев. протеин, г	870	990	1110	1230	1360	1500	1640
Лизин, г	80	87	94	100	106	112	118
Сыр. клетчатка, г	3405	3543	3715	3796	3850	3884	3896
Крахмал, г	1240	1380	1540	1785	2030	2270	2520
Сахар, г	820	910	1010	1180	1345	1510	1680
Сыр. жир, г	290	325	362	415	466	518	568
Соль, г	65	71	78	89	97	106	114
Кальций, г	65	71	78	89	97	106	114
Фосфор, г	45	50	56	63	69	76	82
Магний, г	20	22	24	25	27	28	29
Калий, г	70	79	87	95	103	111	119
Сера, г	23	26	29	31	33	36	38
Железо, мг	745	825	922	1027	1134	1240	1347
Медь, мг	82	91	102	117	132	147	162
Цинк, мг	547	607	677	765	853	942	1030
Кобальт, мг	6,32	7,00	7,81	9,00	10,15	11,31	12,47
Марганец, мг	547	607	677	765	853	942	1030
Иод, мг	7,30	8,10	9,00	10,30	11,60	13,00	14,30
Каротин, мг	417	462	516	570	626	681	735
Витамин Д, тМЕ	9,3	10,3	11,5	12,7	13,9	15,1	16,3
Витамин Е, мг	373	413	461	510	558	608	656
ОКЕ/кг СВ	0,743	0,768	0,793	0,818	0,843	0,868	0,894
Кэф. объема, кг СВ/к.ед	1,346	1,302	1,261	1,222	1,186	1,152	1,119
СП/кг СВ, г	113	117,3	122,0	126,7	131,3	136,0	140,7

Т а б л и ц а 4.4. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 450 кг, энергетический баланс заметно положительный (IV фаза, 211 – 305 день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг					
	6	8	10	12	14	16
1	2	3	4	5	6	7

Корм. ед.	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9
-----------	-----	-----	------	------	------	------

Продолжение табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7
ЭКЕ	10,4	11,6	12,8	14,1	15,6	17,1
Сух. вещ-во, кг	12,50	13,51	14,38	15,20	15,97	16,68
Сыр, протеин, г	1370	1513	1672	1832	2007	2174
Перев. протеин, г	790	910	1030	1150	1270	1390
Лизин, г	74	83	91	97	102	107
Сыр. клетчатка, г	3547	3703	3828	3926	3999	4046
Крахмал, г	1186	1320	1460	1590	1840	2090
Сахар, г	780	871	963	1043	1218	1383
Сыр. жир, г	278	309	344	375	428	480
Соль, г	62	69	75	81	92	100
Кальций, г	62	69	75	81	92	100
Фосфор, г	43	48	53	58	65	71
Магний, г	19	21	23	25	26	28
Калий, г	67	74	84	90	98	106
Сера, г	22	24	27	30	32	34
Железо, мг	713	793	873	954	1059	1168
Медь, мг	78	87	96	105	121	136
Цинк, мг	523	582	642	702	762	822
Кобальт, мг	6,00	6,90	7,80	8,70	9,60	10,50
Марганец, мг	523	582	642	702	762	822
Йод, мг	7,00	8,00	9,00	10,10	11,00	11,90
Каротин, мг	399	448	497	546	595	644
Витамин Д, тМЕ	8,9	10,0	11,1	12,2	13,2	14,3
Витамин Е, мг	357	400	443	487	530	574
ОКЕ/кг СВ	0,708	0,733	0,758	0,783	0,808	0,833
Коэф. объема, кг СВ/к.ед.	1,412	1,364	1,319	1,277	1,238	1,200
СП/кг СВ, г	109,0	112,0	118,3	121,0	125,7	130,3

В первой фазе лактации (11 – 60-й день доения), которая характеризуется отрицательным балансом энергии, значительная часть молока образуется за счет тканей тела животного. Этот феномен является результатом длительного естественного отбора. Поэтому в рационы кормления этого периода необходимо вводить корма высокого качества, которые должны быть легкодоступными по продуктивной и обменной энергии, полноценному белку, минеральным веществам, жирорастворимым витаминам. Этот период является самым ответственным по проведению раздоя коров с использованием авансированного кормления (табл.4.5).

Таблица 4.5. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 500 кг (на 1 гол. в сутки), энергетический баланс отрицательный (11 – 60-й день доения, I фаза лактации)

Показатели	Суточный удой в пересчете на 4% -ное молоко, кг							
	14	16	18	20	22	24	26	28
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кормовые единицы	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5

ЭКЕ	13,6	14,6	15,7	16,8	17,9	18,9	19,9	20,8
-----	------	------	------	------	------	------	------	------

Продолжение табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сухое в-во, кг	18,87	14,62	15,34	16,00	16,63	17,22	17,78	18,33
Сырой протеин, г	1763	1943	2122	2299	2481	2660	2845	3032
Пер. протеин, г	1140	1260	1380	1500	1620	1740	1860	1980
Лизин, г	99	106	111	116	123	129	137	145
Сырая клетч., г	3415	3427	3540	3570	3582	3578	3556	3525
Крахмал, г	1607	1834	2071	2308	2545	2743	2782	3019
Сахар, г	1058	1213	1368	1523	1678	1832	1987	2137
Сырой жир, г	376	424	472	520	568	617	665	715
Соль поварен., г	79	87	95	103	111	119	126	133
Кальций, г	79	87	95	103	111	119	126	133
Фосфор, г	57	63	69	75	81	87	99	105
Магний, г	22,4	24,4	25,4	26,4	27,4	28,4	29,5	30,6
Калий, г	81	89	98	106	114	122	129	137
Сера, г	28,5	31,5	33,5	36,0	37,5	38,5	40,8	43,2
Железо, мг	937	1034	1131	1228	1325	1420	1521	1619
Медь, мг	105	117	129	141	153	166	178	190
Цинк, мг	699	779	858	939	1019	1098	1108	1189
Кобальт, мг	8,20	9,26	10,30	11,40	12,40	13,50	14,60	15,62
Марганец, мг	699	779	858	939	1019	1098	1108	1189
Иод, мг	9,40	10,60	11,70	12,90	14,10	15,20	16,40	17,60
Каротин, мг	522	572	621	671	720	769	820	869
Витамин D, тыс. ME	11,6	12,7	13,8	14,9	16,0	17,1	18,2	19,3
Витамин E, мг	465	509	554	598	643	686	732	776
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,829	0,855	0,880	0,906	0,932	0,958	0,934	1,009
KO, кгСВ/КЕ	1.206	1,169	1,136	1,104	1,073	1,044	1,016	0,991
СП, г/кг СВ	127,4	132,9	138,3	143,7	149,2	154,5	160,0	165,4

Во второй фазе лактации (61 – 120-й день доения) ткани тела уже почти не участвуют в образовании молока, корова становится стельной.

Забота технолога должна быть направлена не только на обеспечение животного энергией и питательными веществами для поддержания жизни и секрецию молока, но и на рост плода и отложение питательных веществ про запас. Новыми нормами эти затраты предусмотрены в количестве до 1,5 к. ед. (табл. 4.6).

Таблица 4.6. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 500 кг (на 1 гол. в сутки), баланс нулевой (61 – 120-й день доения, II фаза лактации)

Показатели	Суточный удой в пересчете на 4% -ное молоко, кг								
	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кормовые единицы	12,3	13,3	14,3	15,3	16,3	17,3	18,3	19,3	20,3
ЭКЕ	14,5	15,6	16,7	17,8	18,7	19,4	20,3	21,2	22,6
Сухое в-во, кг	14,98	15,7	16,4	17,06	17,68	18,25	18,81	19,34	19,82
Сырой протеин, г	1890	2065	2244	2441	2606	2787	2972	3158	3342
Пер. протеин, г	1220	1340	1460	1580	1700	1820	1940	2060	2180

Лизин, г	103	110	117	124	132	139	146	153	160
----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Продолжение табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сырая клетч., г	3727	3784	3824	3847	3829	3800	3556	3756	3694
Крахмал, г	1718	1922	2126	2330	2534	2738	2942	3149	3352
Сахар, г	1132	1289	1445	1602	1759	1915	2072	2229	2385
Сырой жир, г	402	451	500	549	598	647	696	746	794
Соль поварен., г	84	92	100	108	116	124	132	140	148
Кальций, г	84	92	100	108	116	124	132	140	148
Фосфор, г	61	68	75	82	89	96	102	109	116
Магний, г	24	25,1	26,3	27,4	28,5	29,7	30,9	32,0	33,2
Калий, г	87	95	103	111	119	127	135	143	151
Сера, г	30,5	32,6	34,7	36,8	38,9	41,0	43,1	45,1	47,3
Железо, мг	1002	1100	1198	1296	1394	1492	1590	1689	1785
Медь, мг	112	124	136	148	161	172	185	198	211
Цинк, мг	748	818	888	958	1028	1098	1168	1240	1310
Кобальт, мг	8,8	9,9	10,9	12,0	13,7	14,2	15,2	16,3	17,4
Марганец, мг	748	818	888	958	1028	1098	1168	1240	1312
Иод, мг	10,0	11,2	12,4	13,6	14,8	16,0	17,2	18,4	19,6
Каротин, мг	558	608	658	708	758	808	858	908	958
Витамин D, тыс. ME	12,4	13,5	14,5	15,6	16,7	17,7	18,8	19,9	21,0
Витамин E, мг	497	542	586	631	675	719	763	809	852
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,821	0,847	0,872	0,897	0,922	0,948	0,972	0,998	1,024
КО, кгСВ/КЕ	1,278	1,181	1,147	1,115	1,085	1,055	1,028	1,002	0,977
СП, г/кг СВ	126,2	134,5	136,8	142,1	147,4	152,7	158,0	163,3	168,6

В третьей фазе лактации (121 – 210-й день доения) корова начинает интенсивно восстанавливать свой вес, и ей надо в этом помочь правильным нормированием. Поэтому нормами кормления предусмотрено обеспечение потребностей на живую массу, молоко, рост плода, отложение в теле (табл. 4.7).

Таблица 4.7. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 500 кг (на 1 гол. в сутки), баланс положительный (121 – 210-й день доения, III фаза лактации)

Показатели	Суточный удой в пересчете на 4% -ное молоко, кг							
	10	12	14	16	18	19	20	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кормовые единицы	10,6	11,6	12,6	13,6	14,6	15,6	16,6	17,6
ЭКЕ	12,7	13,8	14,9	16,0	17,1	18,2	19,3	20,4
Сухое в-во, кг	13,87	14,70	15,48	16,29	16,92	17,87	18,18	18,76
Сырой протеин, г	1595	1764	1938	2123	2291	2470	2640	2829
Пер. протеин, г	1110	1230	1350	1470	1590	1710	1830	1950
Лизин, г	88	97	105	114	122	130	138	146
Сырая клетч., г	3695	3801	3882	3958	3980	3995	3992	3973
Крахмал, г	1349	1554	1759	1964	2169	2374	2579	2785
Сахар, г	843	1001	1159	1317	1475	1633	1791	1948
Сырой жир, г	314	363	412	461	510	559	608	658
Соль поварен., г	70	78	86	94	102	110	118	126
Кальций, г	70	78	86	94	102	110	118	126

Фосфор, г	48	55	62	69	76	83	90	98
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----

Продолжение табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Магний, г	22,4	23,5	24,6	25,7	26,8	27,9	29	30,2
Калий, г	73	81	89	97	105	113	121	129
Сера, г	27	29,1	31,2	33,3	35,4	37,5	39,6	41,7
Железо, мг	826	928	1026	1124	1222	1320	1417	1518
Медь, мг	91	103	115	127	138	150	163	176
Цинк, мг	626	696	766	836	906	976	1046	1117
Кобальт, мг	6,8	7,9	9,0	10,1	11,2	12,3	13,4	14,5
Марганец, мг	626	696	766	836	906	976	1046	1117
Иод, мг	7,8	9,0	10,2	11,4	12,6	13,9	15,1	16,3
Каротин, мг	472	522	572	622	672	722	772	822
Витамин D, тыс. ME	10,6	11,6	12,7	13,8	14,8	15,9	16,9	18
Витамин E, мг	421	465	509	553	598	642	687	731
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,764	0,789	0,814	0,839	0,8631	0,8881	0,913	0,938
КО, кгСВ/КЕ	1,309	1,267	1,229	1,198	1,159	1,126	1,095	1,066
СП, г/кг СВ	115,0	120,0	125,1	130,3	135,4	140,6	145,7	150,8

В четвертой фазе лактации (211 – 305-й день доения) к нормам на молоко и поддержание жизни увеличена добавка на рост плода и отложения в теле (табл. 4.8).

Таблица 4.8. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 500 кг (на 1 гол. в сутки), энергетический баланс заметно положительный (210 – 305-й день доения, IV фаза лактации)

Показатели	Суточный удой в пересчете на 4% -ное молоко, кг							
	6	8	10	12	14	16	18	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кормовые единицы	9,3	10,3	11,3	12,3	13,»	14,3	15,3	16,3
ЭКЕ	11,1	12,3	13,5	14,6	15,7	16,8	17,9	19,0
Сухое в-во, кг	13,14	14,07	14,93	15,75	16,50v	17,23	17,92	18,54
Сырой протеин, г	1393	1534	1708	1874	2046	2223	2401	2577
Пер. протеин, г	840	960	1080	1200	1320	1440	1560	1680
Лизин, г	77	85	93	102	110	118	127	135
Сырая клетч., г	3745	3819	4019	4115	4181	4230	4258	4258
Крахмал, г	1022	1230	1438	1646	1854	2062	2270	2480
Сахар, г	574	736	898	1060	1222	1384	1546	1706
Сырой жир, г	235	285	335	385	435	485	535	584
Соль поварен., г	59	67	75	83	91	99	107	115
Кальций, г	59	67	75	83	91	99	107	115
Фосфор, г	37	44	51	58	65	73	80	87
Магний, г	21,8	22,8	23,9	25,3	26,4	27,5	28,5	29,2
Калий, г	62	70	78	86	94	102	110	118
Сера, г	24,6	26,7	28,8	30,9	33,0	35	37,1	39,5
Железо, мг	680	780	880	980	1080	1180	1280	1379
Медь, мг	73	85	97	109	121	133	145	157
Цинк, мг	525	596	667	738	809	880	951	1020
Кобальт, мг	5,1	6,2	7,3	8,4	9,5	10,7	11,8	12,9
Марганец, мг	525	596	667	738	809	880	951	1020

Иод, мг	5,9	7,1	8,3	9,5	10,8	12,0	13,3	14,5
---------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

Продолжение табл. 4.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Каротин, мг	403	453	503	553	603	653	703	754
Витамин D, тыс. МЕ	9,3	10,3	11,3	12,3	13,3	14,3	15,3	16,3
Витамин E, мг	361	405	449	493	538	582	627	671
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,708	0,732	0,757	0,781	0,806	0,830	0,854	0,879
КО, кг СВ, КЕ	1,412	1,356	1,321	1,280	1,241	1,205	1,171	1,138
СЦ, г/кг СВ	106	102	114	119	124	129	134	139

Нормы кормления по фазам лактации (табл.4.9 – 4.14) предусматривают восстановление упитанности коровы в срок до конца действующей лактации. Они рассчитаны на то, чтобы «оберегать» развивающийся плод от недостатка питательных веществ, что исключительно важно для его нормального роста и развития. Организация нормированного кормления молочного скота с учетом норм потребности по фазам лактационного цикла – это повышение культуры молочного скотоводства, что может «разбудить и привести в действие» достаточно накопленный за многие годы в стадах генетический потенциал молочного скота.

**Таблица 4.9. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 550 кг, энергетический баланс отрицательный**  
(I фаза, 11 – 60-й день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг							
	16	18	20	22	24	26	28	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Корм. ед.	12,9	13,9	15,0	16,1	17,2	18,3	19,4	20,5
ЭКЕ	15,1	16,2	17,4	18,6	19,7	20,8	21,8	23,1
Сух. вещество, кг	15,23	15,94	16,72	17,46	18,14	18,81	19,44	20,02
Сыр, протеин, г	1994	2173	2369	2568	2768	2972	3176	3381
Перев. протеин, г	1290	1410	1540	1670	1800	1930	2060	2190
Лизин, г	111	118	127	135	144	152	161	169
Сыр. клетчатка, г	3670	3717	3769	3799	3806	3800	3775	3732
Крахмал, г	1892	2104	2316	2528	2740	2952	3165	3377
Сахар, г	1252	1417	1581	1745	1910	2074	2240	2404
Сыр. жир, г	437	489	541	593	645	697	750	801
Соль, г	90	98	106	115	123	131	139	147
Кальций, г	90	98	106	115	123	131	139	147
Фосфор, г	65	72,5	80	87,5	95	102,5	110	117,5
Магний, г	25,0	26,2	27,4	28,6	29,7	30,9	32,1	33,3
Калий, г	92	101	109	118	127	136	144	153
Сера, г	32,5	34,6	36,8	38,9	41,0	43,2	45,3	45,3
Железо, мг	1067	1170	1275	1380	1485	1590	1698	1801
Медь, мг	121	134	147	160	173	186	199	212
Цинк, мг	804	877	951	1023	1098	1172	1245	1319
Кобальт, мг	9,56	10,70	11,84	12,98	14,12	15,26	16,38	17,54
Марганец, мг	804	877	951	1025	1098	1172	1245	1319
Иод, мг	10,9	12,2	13,4	14,7	16,0	17,2	18,5	19,8



Каротин, мг	590	643	697	751	804	857	911	965
Витамин Д, тМЕ	13,1	14,3	15,5	16,6	17,8	19,0	20,2	21,8

Продолжение табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Витамин Е, мг	525	573	621	669	717	765	814	861
ОКЕ/кг СВ	0,847	0,872	0,897	0,922	0,948	0,973	0,998	1,004
Козф. объема, кг СВ/к.ед.	1,181	1,147	1,209	1,085	1,055	1,028	1,002	0,977
СП/кг СВ, г	130,9	136,3	141,7	147,1	152,6	158,0	163,4	168,9

Таблица 4.10. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 550 кг, энергетический баланс нулевой (II фаза, 61 – 120-й день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг									
	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Корм. ед.	12,7	13,7	147	158	169	180	191	202	213	224
ЭКЕ	15,0	16,1	172	184	194	202	21,2	224	23,5	24,7
Сух. вещество, кг	15,60	16,33	1703	1779	1851	19,19	1923	20,45	21,03	21,50
Сыр. протеин, г	1939	2116	2297	2492	2691	2892	3092	3299	3503	3709
Пер. протеин, г	1250	1370	1490	1620	1750	1880	2010	2140	2270	2400
Лизин, г	106	113	121	129	137	144	152	160	168	176
Сыр. клетчатка, г	3912	3968	4004	4045	4064	4064	4045	4012	3362	3897
Крахмал, г	1774	1988	2202	2416	2630	2844	3058	3272	3486	3699
Сахар, г	1169	1331	1494	1656	1819	1981	2144	2306	2469	2632
Сыр. жир, г	415	446	517	568	619	670	721	772	823	876
Соль, г	87	95	104	112	121	129	138	146	155	163
Кальций, г	87	95	104	112	121	129	138	146	155	163
Фосфор, г	63	70	77	85	92	99	106	113	121	128
Магний, г	25	263	27,6	289	302	315	327	340	35,3	36,6
Калий, г	90	99	107	116	124	133	141	150	158	167
Сера, г	31,5	338	361	384	40,7	430	453	476	49,9	52,2
Железо, мг	1035	1139	1243	1347	1451	1555	1659	1763	1867	1970
Медь, мг	116	129	142	155	168	181	194	207	220	233
Цинк, мг	772	847	922	997	1072	1147	1221	1296	1371	1446
Кобальт, мг	91	102	113	124	135	147	156	169	18,0	192
Марганец, мг	772	847	921	997	1072	1147	1221	1296	1371	1446
Иод, мг	10,3	11,6	128	141	153	16,6	178	191	20,3	21,6
Каротин, мг	576	629	683	736	790	843	896	950	1003	1057
Витамин Д, тМЕ	12,8	140	15,1	163	17,4	18,6	197	20,9	22,0	232
Витамин Е, мг	513	560	608	655	703	750	798	845	892	950
ОКЕ/кг СВ	0,814	0,839	0,863	0,888	0,913	0,938	0,963	0,988	1,013	1,038
Козф. объема, кг СВ/к.ед	1,228	1,192	1,159	1,126	1,095	1,066	1,038	1,012	0,987	0,96
СП/кг СВ, г	124,3	129,6	134,9	140,1	145,4	150,7	156,0	161,3	166,6	171,9

Таблица 4. 11. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 550 кг, энергетический баланс умеренно положительный (III фаза, 121 – 210-й день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг							
	12	14	16	18	20	22	24	26
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Корм. ед.	12,1	13,1	14,1	15,1	16,2	17,3	18,4	19,5

ЭКЕ	14,4	15,5	16,6	17,7	18,9	20,1	21,3	22,6
Сух. вещество, кг	15,49	16,25	17,00	17,68	18,54	19,16	19,83	20,43

Продолжение табл. 4. 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сыр. протеин, г	1828	2000	2181	2359	2568	2753	2953	3153
Перев. протеин, г	1170	1290	1410	1530	1700	1840	2010	2150
Лизин, г	101	110	118	127	135	144	153	162
Сыр. клетчатка, г	4047	4118	4174	4201	4259	4250	4242	4219
Крахмал, г	1621	1830	2039	2248	2453	2666	2875	3085
Сахар, г	1044	1203	1362	1521	1680	1839	1998	2158
Сыр. жир, г	279	429	479	529	579	629	679	729
Соль, г	81	89	98	106	115	123	132	140
Кальций, г	81	89	98	106	115	123	132	140
Фосфор, г	57	64	72	79	86	93	101	108
Магний, г	24,5	25,8	27,1	28,4	29,7	31,0	32,2	33,5
Калий, г	84	92	101	109	118	126	134	143
Сера, г	30,4	32,7	34,9	37,2	39,4	41,7	44,0	46,2
Железо, мг	968	1070	1172	1274	1376	1478	1580	1682
Медь, мг	107	120	132	145	157	170	182	195
Цинк, мг	726	799	872	945	1018	1091	1164	1238
Кобальт, мг	8,2	9,3	10,5	11,6	12,7	13,9	15,0	16,1
Марганец, мг	726	799	872	945	1018	1091	1164	1238
Йод, мг	9,4	10,6	11,9	13,1	14,4	15,6	16,8	18,1
Каротин, мг	545	597	649	701	753	805	857	910
Витамин Д, тМЕ	12,1	13,1	14,1	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2
Витамин Е, мг	485	531	578	624	671	717	763	810
ОКЕ/кг СВ	0,781	0,806	0,830	0,854	0,879	0,903	0,928	0,952
Кэф. объема, кг СВ/к.ед.	1,280	1,240	1,200	1,170	1,140	1,110	1,080	1,050
СП/кг СВ, г	118,0	123,1	128,3	133,4	138,5	143,7	148,9	154,0

Т а б л и ц а 4.12. Нормы кормления взрослых дойных коров живой массой 550 кг, энергетический баланс заметно положительный (IV фаза, 211 – 305-й день доения)

Наименование	Суточный удой 4%-ного молока, кг						
	8	10	12	14	16	18	20
1	2	3	4	5	6	7	8
Корм. ед.	10,8	11,8	12,8	13,8	14,8	15,8	16,9
ЭКЕ	12,9	14,1	15,2	16,4	17,5	18,7	19,8
Сух. вещество, кг	14,86	15,71	16,52	17,27	17,98	18,68	19,43
Сыр. протеин, г	1590	1759	1933	2107	2282	2466	2662
Перев. протеин, г	990	1110	1230	1350	1470	1590	1720
Лизин, г	89	98	106	115	123	132	140
Сыр. клетчатка, г	4147	4260	4350	4411	4450	4477	4502
Крахмал, г	1290	1497	1704	1911	2118	2325	2532
Сахар, г	772	931	1090	1249	1408	1567	1726
Сыр. жир, г	299	348	397	447	497	546	595
Соль, г	70	78	86	94	103	111	119
Кальций, г	70	78	86	94	103	111	119
Фосфор, г	46	53	60	67	75	82	89

Магний, г	23,9	25,1	26,3	27,5	28,7	29,9	31,1	32,3
Калий, г	73	81	89	97	106	114	122	130

Продолжение табл. 4. 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сера, г	28,0	30,2	32,4	34,6	36,8	39,0	41,1	43,3
Железо, мг	818	919	1020	1121	1222	1323	1424	1523
Медь, мг	89	101	113	125	137	149	161	173
Цинк, мг	625	697	768	840	911	983	1054	1126
Кобальт, мг	6,5	7,6	8,7	9,8	10,9	12,0	13,1	14,2
Марганец мг	625	697	768	840	911	983	1054	1126
Йод, мг	7,4	8,6	9,9	11,1	12,3	13,6	14,8	16,0
Каротин, мг	475	526	577	628	679	730	781	833
Витамин Д, тМЕ	10,8	11,8	12,8	13,8	14,8	15,8	16,9	18,0
Витамин Е, мг	425	470	515	560	605	650	695	741
ОКЕ/кг СВ	0,727	0,751	0,775	0,799	0,823	0,846	0,870	0,894
Коэф. объема, кг СВ/к.ед.	1,375	1,332	1,290	1,252	1,215	1,182	1,149	1,119
СП/кг СВ, г	107,0	112,0	117,0	122,0	127,0	132,0	137,0	142,0

*Кормление коров в период раздоя.* Период новотельности начинается непосредственно после отела и продолжается 1,5 – 3 недели. В это время животное находится в родильном отделении и требует тщательного ухода и кормления. В день отела корове дают вволю сена и небольшое количество концентратов (1 – 2 кг). В первые дни после отела за выменем должен быть постоянный уход. При сильном его затвердении из рациона временно исключают сочные корма и уменьшают дачу концентратов.

Если напряженность вымени не вызывает сомнений, то в рационе постепенно, начиная с 3 – 4 дня после отела, увеличивают количество силоса, корнеплодов и концентратов. Через 2 – 3 недели после отела рационы доводят до нормы, повышая дачу концентратов. К концу этого периода у животных полностью нормализуется состояние молочной железы, увеличивается поедаемость кормов, растет молочная продуктивность.

Количество концентратов к 15 – 18 дню должно составлять в рационе 5 – 6 кг, а для высокопродуктивных коров – 8 – 10 кг. Неправильное кормление коров иногда вызывает кетоз, причиной возникновения которого может быть белковый перекорм.

В этот период новотельных коров переводят на авансированное кормление (раздой). Раздаивают их в течение первых 2 – 3 месяцев лактации. В этот период затраты питательных веществ на синтез молока значительно превышают их поступление с кормом, поэтому животным добавляют к рациону, обеспечивающему имеющийся уровень продуктивности, некоторое количество кормов. Эта прибавка составляет 2 – 3 кормовых единиц. Авансированное кормление обычно обеспечивают концентратами. Концентрированных кормов дают животным на 3 – 4 кг больше, чем этого требует фактический удой. Однако

уровень концентратов даже при самой высокой продуктивности не должен превышать 50 – 55 % по питательности. Ориентировочный рацион кормления коров (в период раздоя) с суточным удоем 20 кг молока должен состоять из 3 кг сена, 12 кг сенажа, 14 кг силоса кукурузного, 1,5 кг патоки и 6 кг комбикорма.

Коровы с удоем 30 кг молока в сутки должны потреблять 3 – 4 кг сена, 10 кг сенажа, 14 кг силоса кукурузного, 2 кг патоки и 12 кг комбикорма. В период раздоя рационы должны быть высококалорийными и содержать относительно немного клетчатки (16 – 18 % в сухом веществе).

Чем выше удой, тем выше должна быть концентрация энергии в сухом веществе рациона. С увеличением производства молока возрастает потребность в концентратах, белковых и минеральных добавках. Для лучшего использования питательных веществ кормов, входящих в рацион, целесообразно их использовать в виде кормосмеси. При использовании кормосмеси молочная продуктивность коров увеличивается на 5 – 10 % в сравнении с раздельным скармливанием набора кормов.

*Кормление коров после раздоя.* Период стабилизации лактации начинается после раздоя и завершается на 5 – 6 месяце лактации, когда независимо от условий кормления продуктивность снижается, а уровень отложения питательных веществ в теле коровы возрастает.

Кормление в этот период должно способствовать поддержанию высоких удоев в течение продолжительного времени. Для этого животным составляют рационы в соответствии с уровнем их фактической продуктивности, обращая при этом особое внимание на потребление кормов и поддержание у коров хорошего аппетита. Уровень концентратов в рационе должен быть снижен (излишняя дача концентрированных кормов в это период себя не оправдывает и может привести к ожирению коров).

Примерный рацион кормления коров в этот период с суточным удоем 14 – 16 кг молока может быть следующим: сено – 3 кг, сенаж – 10 – 12, силос кукурузный – 12 – 14, патока кормовая – 1,0, концентраты – 4 – 5 кг.

Период спада молочной продуктивности у коров наступает с пятого месяца стельности и продолжается 2 – 3 месяца. В этот период уровень кормления необходимо снизить, путем уменьшения нормы концентрированных кормов (до 2 – 2,5 кг в сутки) и замены их высококачественным сенажом, силосом. Источник энергии и протеина в рационе уже не является критически важным. Рацион в этот период может содержать больше объемистых кормов более низкого качества и ограниченное количество концентратов.

**Пример.** Составить суточный рацион для дойной коровы, имеющей живую массу 500 кг. Удой 23,8 кг молока, жирность 3,5%, 3-я фаза лактации. В рацион включить: сено тимopheеchnoe, сенаж злаково-

бобовых трав, ячменную и гороховую дерть, свеклу кормовую, шрот подсолнечниковый. Последовательность работы по составлению рациона следующая:

1. Готовят информацию о питательности кормов так, как это показано в табл. 3.2.

2. Удой переводят на 4%-ное молоко по формуле Фридериксена:

$$A = B \cdot (0,4 + 0,15 \cdot Ж); \quad A = 23,8 \cdot (0,4 + 0,15 \cdot 3,5) = 27 \text{ кг.}$$

3. Определяют нормы потребности коров в питательных веществах согласно заданию для 3-й фазы лактации (табл.4.7) и заносят их в табл. 4.13.

4. Определяют структуру кормового рациона. Ее обоснование базируется на соотношении коэффициентов объема (КО) травяных объемистых кормов и коэффициентов объема концентратов и корнеплодов с коэффициентом объема нормы потребности.

Аналогичная работа выполнена нами при обосновании структуры кормового рациона стельных сухостойных коров (см. табл.3.3). Средний коэффициент объема в нашем примере для дойной коровы с удоем 22 кг молока составляет 1,066 (18,76:17,6) килограммов сухого вещества на 1 кормовую единицу. КО травяных объемистых кормов – 1,469, а концентратов и корнеплодов – 0,831 (табл.4.13).

Если в рацион будут включены новые корма, то средние КО для изменившихся групп кормов следует найти заново. Эти величины необходимо положить в основу структуры кормового рациона, воспользовавшись квадратом Пирсона:

КО концентратов и  
корнеплодов 0,831

КО нормы кормления

1,066

$$\frac{0,403}{0,235} = 1,715$$

КО травяных 0,469  
объемистых кормов

Распределяют норму потребности кормовых единиц для травяных объемистых кормов и для концентратов с корнеплодами:

$17,6 : (1,715 + 1) = 6,483$  к. ед. для травяных объемистых кормов;

$17,6 - 6,483 = 11,117$  к.ед. для концентратов и корнеплодов.

После этого приступают к набору кормов в рационе. Сначала определяют количество травяных объемистых кормов:

$6,483 : 3 = 2,161$  к. ед. в среднем для каждого из трех объемистых кормов.

Сено:  $2,161 : 0,524 = 4,12$  кг, округленно 4 кг (2,096 к.ед.).

Сенаж:  $2,161 : 0,320 = 6,75$  кг, округленно 7 кг (2,24 к.ед.).

Силос:  $[6,483 - (2,096 + 2,24)] : 0,24 = 8,9$  кг, округленно 9 кг.



**Т а б л и ц а 4.13. Рацион кормления дойной коровы живой массой 500 кг, удой 23,8 кг, жирность 3,5%  
в пересчете на 4%-ное молоко – 22 кг, III фаза лактации**

Наименование	Норма	Сено пшове- вки	Сенаж много- лет. бобово- злак. трав	Силос много- летних трав	Свежая кормо- вая	Витапроте- ин	Дерть ячмен- ная	Дерть горохо- вая	Шрот подсол- нечниковый	Итого в раци- оне	± к норме	Добавки		
												Соль, г	Костная мука	Хлористый кобальт, мг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Количество, кг	-	4	7	9	19	0,174	5,76	1,057	0,923	46,9	-	0,126	0,138	44
КЕ	17,6	2,096	2,24	2,16	2,09	0,167	6,68	1,083	1,084	17,6	-	-	-	-
ОЭ., МДж	204	26,4	28	27,6	53,8	1,2	65,5	11,2	10,2	224	20	-	-	-
СВ, кг	18,76	3,528	3,122	2,870	2,052	0,147	4,90	0,96	0,79	18,4	-0,36	-	-	-
СП, г	2829	345	465	383	266	71	546	452	201	2729	-100	-	-	-
ПП, г	1990	197	274	261	209	67	397	408	176	1989	-	-	-	-
Лизин, г	146	8,4	23,1	6,3	9,5	4,7	23,6	15	18,4	109	-37	-	-	-
Сырой жир, г	658	75	55	122	19	5	90	20	24	410	-248	-	-	-
Сыр. клетч., г	3973	1172	994	878	247	12	236	151	50	3740	-233	-	-	-
Сахар, г	1948	283	93	90	1064	11	310	50	50	1951	-	-	-	-
Крахмал, г	2785	56	56	42	114	27	2563	17	42	2917	132	-	-	-
Соль, г	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	126	-	-
Кальций, г	126	23,6	23,1	21,6	9,5	7	10,8	3,9	2,0	99,5	-26,5	-	35,9	-
Фосфор, г	98	8,4	6,8	7,6	11,4	1,3	-	12,9	3,9	78,7	-19,3	-	19,3	-
Магний, г	30,2	4	8,2	4,0	7,6	-	5,8	6,7	1,0	137,3	134,1	-	-	-
Калий, г	12,9	60	39	36	49	-	27	7	8,0	226	97	-	-	-
Сера, г	41,7	6	10	5,5	1,9	-	7,5	4,2	0,7	35,8	-5,9	-	-	-
Железо, мг	1518	496	497	459	380	-	115	18	15	1980	462	-	-	-
Медь, мг	176	39	25	14	36	111	18	25	8	276	100	-	-	-
Цинк, мг	1117	116	90	134	133	806	148	50	25	1502	385	-	-	-
Марганец, мг	1117	408	196	60	285	536	123	57	22	1687	570	-	-	-

Кобальт, мг	14,5	0,20	0,35	0,23	0,19	1,67	0,29	0,55	0,22	3,7	-10,8	-	-	10,8
Иод, мг	16,3	0,90	0,66	1,5	1,0	14,3	1,65	0,89	0,06	20,96	4,66	-	-	-
Каротин, мг	822	63	125	129	-	505	-	-	-	822	-	-	-	-
Вит. D, тыс. МЕ	18,0	0,8	0,63	0,63	-	22,2	-	-	-	24,3	6,3	-	-	-
Вит. Е, мг	731	148	350	315	8	42	206	-	42	1111	380	-	-	-
КО. кг СВ/КЕ	1,066	1,68	1,40	1,328	0,982	0,882	0,733	0,883	0,727	1,045	-	-	-	-
Стоимость, руб.	-	808	609	592	3268	1914	5495	3509	880	17075	-	1,15	1,146	-
Базисн., на кг	-	4	7	9	2	0,174	1,652	-	-	23,8	-	-	-	-
5 кг молока, КЕ	808	2,096	2,24	2,16	0,22	0,167	1,917	-	-	8,8	-	-	-	-
ПП, г	880	197	274	261	18	67		114	-	-	931	51	-	-
Продукт, на кг	-				1	-	0,242	0,062	0,054	-	-	-	-	-
1 кг молока, КЕ сверх 5 кг	0,5	-	-	-	0,11	-	0,281	0,063	0,063	0,517	0,017	-	-	-
ПП, г	60	-	-	-	9	-	16,7	23,9	10,3	59,9	-	-	-	-
Концентратов в расчете на 1 кг молока, г					0,352									

Т а б л и ц а 4.14. **Нормы факториальных затрат кормовых единиц и переваримого протеина по фазам лактации на обеспечение физиологических функций коров**

Живая масса коров, кг	1-я (11 – 60-й дни доения)		2 -я (61–120-й дни доения)			3-я (121–210-й дни доения)			4-я (211–305-й и более)		
	Поддерживание жизни		Поддерживание жизни	Рост плода	Отложение в теле	Поддерживание жизни	Рост плода	Отложение в теле	Поддерживание жизни	Рост плода	Отложение в теле
	к.ед.	ПП,г									
400	4	240	4	0,5	0,5	4	1,0	0,7	4	1,5	0,8
450	4,3	270	4,3	0,5	0,5	4,3	1,0	0,8	4,3	1,5	1,0
500	4,5	300	4,5	0,5	0,7	4,5	1,0	0,8	4,5	1,5	1,2
550	4,8	330	4,8	0,5	0,8	4,8	1,0	0,9	4,8	1,5	1,5
600	5,1	360	5,1	0,5	1,0	5,1	1,0	1,0	5,1	1,5	1,5



Найденное количество травяных объемистых кормов проставляют в рацион и подсчитывают в них количество элементов питания. Количество свеклы для включения в рацион находят используя данные о потребности в сахаре, его количестве в травяных объемистых кормах и концентратах (см. табл. 3.3). От нормы потребности в сахаре вычитают то его количество, которое содержат включенные в рацион травяные объемистые корма (сено, сенаж и силос), и то, которое поступит с концентратами:

$$1948 - (283 + 93 + 90 + 11,117 \cdot (\frac{46 + 46 + 46}{3})) = 971 \text{ г};$$

971:56=17,3 кг свеклы кормовой.

Учитывая, что в величину 11,117 к.ед. помимо концентратов входят и кормовые единицы корнеплодов, новый расчет мы должны теперь сделать значительно точнее, а именно:

$$1948 - (283 + 93 + 90 + (11,117 - 17,3 \cdot 0,11) \cdot (\frac{46 + 46 + 46}{3})) = 1058 \text{ г};$$

1058:56=18,89 кг, округленно 19 кг.

В набранных кормах подсчитывают все элементы питания и данные заносят в табл.4.13. Определяют количество суперконцентрата для покрытия дефицита каротина и витамина Д. Дефицит каротина в рационе, который потребуется закрыть включением витапротеина, составляет 505 мг [822 – (63+125+129)]. Для покрытия этого дефицита требуется 0,174 кг витапротеина (505:2903). Дефицит витамина Д в рационе без витапротеина составил бы 15 – 94 тыс.МЕ [18 – (0,8+0,63+0,63)]. Для покрытия этого дефицита витамина Д потребовалось бы 0,125 кг витапротеина (15,94:128). В нашем примере для обеспечения балансирования рациона и по каротину, и по витамину Д одновременно понадобится включение 0,174 кг витапротеина. Заносят это количество в рацион и подсчитывают содержание в нем всех элементов питания.

Мы подошли к заключительному этапу – балансированию рациона по продуктивной энергии и переваримому протеину. Для решения этой задачи находят остаток кормовых единиц и переваримого протеина, которые необходимо «закрыть» в рационе концентратами при одновременном балансировании его по кормовым единицам и протеину (табл.4.13):

$$\text{остаток к.ед.: } 17,6 - (2,096+2,24+2,16+2,09+0,167)=8,847;$$

$$\text{остаток П.П., г: } 1990 - (197+274+261+209+67)=982.$$

Нагрузка переваримого протеина на 1 к.ед. в этом остатке составляет 111 г (982:8,847).

Нагрузка переваримого протеина на 1 к.ед. в дерти ячменной, шроте подсолнечниковом, дерти гороховой, с помощью которой мы будем

балансировать рацион по кормовым единицам и переваримому протеину, показана в табл.3.2 и составляет:

дерть ячменная – 59,5 г/к.ед.;

дерть гороховая – 162,7 г/к.ед.;

шрот подсолнечниковый – 376,6 г/к.ед.

Для экономии дорогостоящего шрота в рацион включают гороховую дерть. Тогда нам понадобится показатель нагрузки переваримого протеина на 1 к.ед. в шроте и горохе в среднем. При их соотношении 1:1 эта величина составит 269,7 г/к.ед.  $[(376,6+162,7):2]$ .

С помощью квадрата Пирсона находят количество частей ячменной дерти и смеси шрота с горохом для распределения остатка кормовых единиц под эти корма в рационе.

Смесь шрота и гороха 269,7

111
-----

$$\frac{51,5}{158,7} = \frac{1}{3,082}.$$

Дерть ячменя 59,5

Следует помнить, что после определения разности (от большего вычитают меньшее по диагонали) всегда большую разность делят на меньшую вне зависимости от того, в числителе она или в знаменателе. Остаток кормовых единиц распределяют согласно количеству частей, отведенных для того или другого корма:

8,847 к.ед.:  $(1+3,082) = 2,167$  к.ед. для шрота и гороха;

$2,167:2 = 1,083$  к.ед. для шрота;

$2,167 - 1,083 = 1,084$  к.ед. для гороха;

$8,847 - 2,167 = 6,68$  к.ед. для дерти ячменной.

От количества кормовых единиц переходят к количеству кормов в натуре:

ячменная дерть –  $6,68:1,16 = 5,76$  кг;

шрот подсолнечниковый –  $1,083:1,025 = 1,057$  кг;

гороховая дерть –  $1,084:1,174 = 0,923$  кг.

Найденное количество концентратов и содержащихся в них кормовых единиц вносят в бланк рациона, производят окончательный подсчет элементов питания в нем, сравнивая полученные данные по каждому с нормой потребности.

В нашем примере обнаружилось, что рацион очень хорошо сбалансирован по кормовым единицам, обменной энергии, сухому веществу, переваримому протеину, сахару, каротину, витамину Д, но в нём имеется дефицит кальция (– 26,5 г), фосфора (– 19,3 г) и кобальта (– 10,8 мг). Для баланса по этим элементам в рацион необходимо ввести 138 г костной муки  $(19,3 \times 7,142)$  и 44 мг хлористого кобальта  $(10,8 \times 4,032)$ .

Коэффициент объема в рационе составил 1,045 при норме 1,066. Это повышает гарантии влияния эффективного использования сухого вещества рациона на продуктивность коров. С целью решения вопроса

о рациональном использовании концентратов, упрощения технологии кормления коров без ущемления индивидуальных особенностей каждой на молокоотдачу необходимо проводить распределение рациона на базисную и продуктивную части. Базисная часть рациона одинакова для коров, находящихся в одной фазе лактации, с одинаковой живой массой. Это упрощает процесс приготовления и раздачи кормов. Базисная часть рациона обосновывается с привлечением норм факториальных затрат кормовых единиц и переваримого протеина на обеспечение физиологических функций (см. табл.4.14), а также на получение некоторого количества молока – от 2 до 10 кг в зависимости от фазы лактации и уровня молочной продуктивности. В 1-й и 2-й фазах потребность для базисной части рациона определяется с расчетом на получение 10 – 4 кг, а в 3-й и 4-й – 6 – 2 кг.

В нашем примере базисная часть рациона рассчитана с условием получения за счет этой части рациона 5 кг молока.

Норма потребности в кормовых единицах и переваримом протеине для базисной части рациона сложилась в размере 8,8 к. ед.  $[4,5+1+0,8+(5,05)]$  и 880 г переваримого протеина (по 100 г на каждую кормовую единицу). Расчет потребности в кормах для базисной части рациона осуществляется следующим образом: в нее включаются полностью все травяные объемистые корма, вошедшие в макрорацион. В нашем примере это 4 кг сена тимopheчного, 7 кг сенажа многолетних трав, 9 кг силоса многолетних трав, все балансирующие добавки (витапротейн, соль, костная мука, хлористый кобальт), а также часть корнеплодов и концентратов (для балансирования этой части рациона по энергии и протеину). За счет травяных объемистых кормов и витапротеина обеспечено 6,663 к.ед.  $(2,096+2,24+2,16+0,167)$ . Остальные 2,137 – за счет 2 кг кормовой свеклы и 1,652 кг ячменной дерти. В базисной части рациона содержится 8,8 к.ед. и 931 г переваримого протеина.

Оставшиеся 17 кг молока  $(22 - 5)$  надо получить за счет продуктивной части рациона. На это количество молока для распределения осталось 17 кг свеклы  $(19 - 2)$ ; 4,108 кг дерти ячменной  $(5,76 - 1,652)$ ; 1,057 кг шрота подсолнечникового и 0,923 кг дерти гороховой. Надо рассчитать, сколько этих кормов приходится на каждый килограмм молока и как это их количество обеспечит отдельную норму потребности на 1 кг молока. На 1 кг оставшегося молока приходится:

ячменной дерти – 0,242 кг  $(4,108:17)$ ;  
шрота подсолнечниковый – 0,0622 кг  $(1,057:17)$ ;  
гороховой дерти – 0,0543 кг  $(0,923:17)$ ;  
свеклы кормовой – 1 кг  $(17:17)$ .

Подсчитав содержание питательных веществ, сравнивают их с нормой потребности. В итоге получилось: при норме на 1 кг молока 0,5 к.ед. в продуктивной части рациона содержится 0,517 к. ед., при норме 60 г переваримого протеина – 59,9 г. По кормовым единицам и

переваримому протеину продуктивная часть рациона сбалансирована. Данные по базисной части рациона заносят в табл.4.13. В заключение производят расчет затрат концентратов на 1кг молока. В нашем примере он составит 0,352кг ( $5,76+1,057+0,923$ ):22.

## **5. КОРМЛЕНИЕ МОЛОЧНОГО СКОТА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

Большое значение в повышении продуктивности коров имеет правильная организация их кормления в летний период, когда, как известно, получают около 50 % общего производства молока, а его себестоимость в этот период в 1,5 – 2 раза ниже, чем в стойловый. Однако следует иметь в виду, что получение высоких удоев возможно там, где будет правильно организован перевод коров с зимнего содержания на летнее, обеспечено рациональное использование зеленого корма, сбалансирован рацион.

Летний рацион кормления коров, состоящий в основном из трав, в значительной степени отличается от зимнего не только по физическим свойствам кормов, но и по их питательности. Поэтому резкая смена состава рациона может привести к нарушению микробиологических процессов, происходящих в рубце. Переход от стойлового зимнего к летнему пастбищному кормлению коров должен производиться постепенно, от одной до двух недель. Следует помнить, что в переходный период закладывается основа молочной продуктивности коров в летний период.

В первые дни выхода скота на пастбище следует организовать нормированное стравливание травы. Животные с жадностью поедают её, вследствие чего могут возникнуть тяжелые расстройства пищеварения. Примерный режим перевода коров на пастбищное кормление может быть следующим: 1 – 2 день – 1,5 – 2 часа пастбы на пастбище; 3 – 5 день – 2,5 – 3 часа; 6 – 10 день – 4 – 7 часов; 12 день – 11 часов и более.

Перед началом пастбищного кормления коров должен быть принят комплекс мер для предупреждения кормового стресса, вызываемого достаточно резким переходом от стойлового зимнего к летнему пастбищному кормлению коров.

Для плавного перехода необходимо решение следующих вопросов:

- 1) выдача коровам полного стойлового рациона в течение не менее 10 дней выгона коров на зеленъ;
- 2) использование для выпаса площадей озимой ржи, посеянной повышенной нормой высева в оптимальные агрохимические сроки и вовремя подкормленной весной;

3) регламентация времени выпаса на ржи и не форсирование количества потребления ее зеленой массы в первую неделю выпаса во избежание возникновения поносов.

В фазе кущения при хорошей густоте травостоя озимая рожь дает урожайность зеленой массы 35 – 45 ц/га (этот показатель должен служить началом ее порционного стравливания). Ежедневно урожайность зеленой массы ржи повышается на 8,5 – 12 ц/га. Норма потребления в первый день выпаса не должна превышать 15 кг. Это 1 – 1,5 часа пребывания на пастбище. В последующем, в течение 10 дней, с учетом урожайности потребление зеленой массы доводят постепенно до 50 кг на голову в сутки. Эти регламентации необходимо положить в основу ежедневного отвода площадей ржи для порционного стравливания. На отведенных площадях система стравливания должна быть построена на базе высокой технологической культуры: устройство прогонов, порционное стравливание, обоснованное параметрами потребности в такой траве и скорости прибавки урожая зеленой массы ржи.

Зеленая масса ржи в сухом веществе содержит до 10 г/кг кальция, 9,0 г/кг фосфора, много протеина (до 120 г/к. ед.). В ней содержится 12 – 13 % сухого вещества, в килограмме которого 0,87 – 0,9 к. ед.

Пастьба по ржи – хороший двухнедельный срок для восстановления у коров дефицита в фосфоре, витаминах, минеральных веществах и плавной перестройки пищеварительного тракта на пастбищное кормление.

Главная цель плавного перехода от зимнего к летнему кормлению – упреждение у коров поносов, поскольку положительное решение этой проблемы позволяет потом обеспечить быстрый и надежный рост молочной продуктивности.

Причинами возникновения пастбищных поносов у коров являются: резкое падение рН рубцового содержимого с величины 6,6 – 6,8 (норма) до 5,5 – 5,0 из-за высокой влажности травы и малого поступления слюны, содержащей бикарбонат натрия; снижение содержания в крови магния ниже 1,8 мг/% в связи с блокированием его усвоения из травы по причине избытка в ней азота и калия и недостатка натрия; избыточное содержание нитратов в траве. Рефлекторно возникают условия для усиления перистальтики желудочно-кишечного тракта.

Устранение поносов достигается включением в рацион сена (2 кг на голову в сутки), обеспечением коров поваренной солью в размере полупорционных норм, минеральным питанием, добавкой карбонатных и магнийсодержащих солей: кормовой мел, карбонат магния, магнезия, бикарбонат натрия и других в количестве до 150 г/гол. в сутки.

К кормовой основе необходимо обеспечить свободный доступ.

Ежедневно в течение переходного периода животных, а высокопродуктивных коров – всего летнего сезона, перед выгоном на пастбище необходимо предварительно подкармливать грубыми кормами (сено, солома, сенаж и др.). В первые дни выпаса потребление травы ими не должно превышать 15 кг, а остальной рацион должен состоять из 1,5 – 2 кг сена или соломы, 6 – 7 кг силоса и 4 – 5 кг сенажа. Это позволяет обеспечить потребность коров в необходимых питательных веществах для получения стабильных удоев в переходный период, не снижая жирности молока и предотвращая возникновение поносов.

В пастбищный период значительно повышается потребность коров в натрии, так как его содержание в траве обеспечивает их потребность на 40 – 60 %. Потребность в поваренной соли может возрасти при избытке калия в рационе в 1,5 – 2 раза. Поэтому сначала пастбищного периода поваренную соль скармливают коровам на 30 – 50 % больше, чем рекомендуется нормами кормления под соответствующую продуктивность.

Фосфорные подкормки (монокальцийфосфат, монопотрийфосфат, кормовой преципитат и др.) вводят в рацион из расчета 3 г фосфора на каждые 100 кг живой массы и 3 г на каждый литр молока.

Потребность в магнезии в пастбищный период составляет 24 – 30 г на корову в день. Для этого можно скармливать коровам соли магнезии (углекислый или сернокислый магнезий) в количестве 40 – 60 г. Включение в рацион магнезии не только предотвращает пастбищную тетанию, но и способствует нормализации воспроизводительных функций коров.

Для предупреждения снижения жира в молоке можно использовать бикарбонат натрия (питьевая сода), бентонит натрия (до 80 – 100 г в сутки на голову), а также уксуснокислый натрий – до 400 г.

В пастбищной траве содержится недостаточное количество микроэлементов: меди – 40 – 50 %, марганца – 10 – 20, цинка – 20 – 30, кобальта – 70 – 80, йода – 70 – 80 % от их потребности.

Наукой установлено, что физиологически коровы способны переработать за сутки 3,5 кг (до 4 кг) сухого вещества пастбищной травы в расчете на каждые 100 кг их живой массы. Этот рубеж необходимо положить в основу всей профессиональной и технологической работы на местах для достижения потребления такого уровня сухого вещества. Коровы живой массой 400 кг максимально способны переработать 14 кг сухого вещества пастбищных кормов, коровы живой массой 500 кг – 18, а коровы живой массой 600 кг – 21 кг. Достижение такого уровня

потребления коровами сухого вещества пастбищных кормов снимает проблему концентратов в летний период. При этих условиях потребления сухого вещества они просто не понадобятся.

Потребление коровами 12 кг сухого вещества пастбищных кормов гарантирует получение 12 кг молока без концентратов, потребление 14 кг – возможность получить 16 кг молока, а 16 кг – всех 20 кг молока без концентратов.

Путь к решению проблемы увеличения потребления сухого вещества до 3,5 – 4 кг в расчете на каждые 100 кг живой массы коров лежит через создание оптимальных условий рН рубца – 6,6 – 6,8. Для этого необходимо коровам выдавать ежедневно по 1,5 – 2 кг сена, третью часть, а то и половину пастбищной травы, особенно там, где низок процент ее поедаемости (60 – 65 % и ниже), скармливать ее в скошенном и проваленном виде до влажности 65 – 70 %, использовать буферные соли (карбонатные и магнийсодержащие, такие, как карбонат магния, биокарбонат натрия, магнезия (до 150 г/гол), повышенные (до 1,5 раз) нормы поваренной соли, фосфорные добавки).

Для гарантированного обеспечения скота минеральными веществами им необходимо скармливать комплексно приготовленные минеральные подкормки (табл. 5. 1) в смеси с зерновой дертью или в рассыпчатом виде, но обязательно сдобренные концентрированными кормами (50 кг ячменной или другой зерновой дерти на 100 кг минеральной смеси).

Т а б л и ц а 5. 1. Состав комплексной минеральной добавки для кормов в пастбищный период

Компоненты	Рецепт по циклам стравливания		
	1-й	2-й и 3-й	4-й
Поваренная соль, кг	45	50	61
Кормовой мел, кг	14	14	9
Кормовой фосфат обесфторенный, кг	34	34	30
Окись магния, кг	7	2	-
Сернокислый цинк, г	25	130	150
Сернокислая медь, г	78	66	78
Хлористый кобальт, г	7	9	11
Ячменная дерть, кг	50	50	50
Норма скармливания на 1 кг сухого вещества пастбищного рациона, г	18	14	12

**Пример.** Корова потребляет в первом цикле стравливания 14 кг сухого вещества травы и концентратов. Ее суточная потребность в минеральной комплексной подкормке составит 252 г ( $18 \times 14$ ) (при опреде-

лении суточной подкормки коров концентратами необходимо учитывать качество травостоя и продуктивность животных).

При высоком качестве травостоя (в 1 кг сухого вещества содержится 0,9 – 1,0 к. ед., 120 – 140 г переваримого протеина) для коров с суточным удоем свыше 10 – 12 кг на 1 кг молока достаточно 100 – 150 г концентратов, при среднем качестве травостоя (в 1 кг сухого вещества – 0,7 – 0,8 к. ед., 100 – 120 г переваримого протеина) количество концентрированных кормов может составлять 200 – 250 г на 1 кг молока и при низком (в 1 кг сухого вещества – 0,5 – 0,6 к. ед., 80 – 100 г переваримого протеина) – 250 – 300 г.

Из концентрированных кормов лучше давать дерть злаков (ячмень, овес и др.). Недопустимо в первой половине пастбищного периода использовать в рационах коров комбикорм зимнего периода, содержащий высокое количество протеина. В летний период необходимо скармливать комбикорм с содержанием протеина не более 11 – 12 %, а концентраты использовать как источник энергии. Протеина в траве хорошего качества бывает достаточно даже для удоя 20 – 25 кг.

Выпас коров на пастбище с высоким качеством травостоя обеспечивает экономию концентратов до 200 – 250 кг за пастбищный период.

В условиях низкого уровня потребления сухого вещества травы (2 – 2,5 кг сухого вещества в расчете на 100 кг живой массы коров), неразумное увеличение в рационах коров концентратов несколько повышает молочную продуктивность, но не решает, а усугубляет проблему рентабельности летнего молока и приводит не только к снижению потребления травы, но и может вызвать расстройство пищеварения.

В настоящее время практикуется круглосуточная пастба коров. Однако следует отметить, что она себя оправдывает там, где отсутствуют культурные пастбища, а используются для выпаса коров низкопродуктивные угодья.

Решение вопроса о переводе коров на круглосуточную или ночную пастбу – не самоцель. Разработка режима кормления должна строго опираться на знание физиологии пищеварения жвачных, где времени отдыха и жвачки должно быть отведено не менее 10 часов в сутки.

Основанием для принятия решения должны быть результаты оценки урожайности пастбища, питательности его сухого вещества и уровня потребления (менее 2,5 кг на каждые 100 кг живой массы коров), а главное – отсутствие у коров поносов.



### **5.1. Кормление молочного скота в переходный период от пастбищного к зимнему стойловому**

Переходный период от пастбищного к стойловому кормлению молочного скота характеризуется своими особенностями. Он отличается тем, что коровы при сезонных отелах в сентябре – октябре в большинстве случаев находятся в III – IV фазах лактации. Урожайность пастбищ снижается. Поэтому в задачу технологов входит необходимость осуществить плавный переход от пастбищного кормления к стойловому.

Хозяйства, особенно восточной зоны республики, правильно поступают, когда переводят коров на стойловое кормление с 20 – 25 сентября, обеспечивая сохранение их упитанности и не вытаптывая перед уходом под зиму пастбища. В этот период в кормлении коров необходимо широко использовать кормовую солому, скороспелые корнеплоды (турнепс, брюква), зеленую массу пожнивных культур, редьки масличной, рапса, многолетние травы третьего укоса и др. Кроме того, необходимо широко использовать культуры, убираемые на силос, для кормления молочного скота. Цель такого кормления – не только получить молоко с высоким содержанием жира, но и обеспечить хорошую упитанность коров перед постановкой их на стойловое содержание.

## **6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПАСТБИЩ, ПОЕДАЕМОСТИ ТРАВЫ И ЕЕ ПИТАТЕЛЬНОСТИ**

Урожайность пастбища, содержание в траве воды и сухого вещества, продолжительность выпаса в сутки и расход концентратов являются главными объектами для регламентации.

В повседневной хозяйственной практике должна быть налажена оценка продуктивности пастбищ по фактической поедаемости животными зеленой массы с определением ее энергетической питательности. Уровень удобрений (НРК), вносимых дробно на пастбище, положительно и серьезно влияет на величину урожая травы, нежели на энергетическую ценность единицы ее сухого вещества. Процедура определения урожайности пастбища проста, хотя и требует навыка. Для этого замеряют точно площадь пастбища, стравленную гуртом за предыдущие сутки. В трех местах утром после схода росы подкашивают несъеденные остатки травы для определения их среднего количества в расчете на 1 м<sup>2</sup>.

**Т а б л и ц а 6.1. Питательность сухого вещества пастбищной травы  
и несъеденных ее остатков по видам, фазам вегетации и циклам стравливания  
(к. ед/кг сухого вещества)**

Культура	Скошенная трава (к)			Несъеденная трава(к <sub>1</sub> )		
	Цикл стравливания			Цикл стравливания		
	I	II–III	IV	I	II–III	IV
Тимофеевка с клевером: кушение трубкование, бутонизация колошение, начало цветения	1,03	0,98	0,90	0,81	0,77	0,69
	0,96	0,92	0,85	0,78	0,71	0,65
	0,85	0,84	0,76	0,74	0,68	0,62
Клевер с тимофеевкой: кушение бутонизация, трубкование начало цветения, колошения	0,96	0,93	0,89	0,78	0,73	0,66
	0,95	0,90	0,84	0,75	0,70	0,64
	0,84	0,83	0,81	0,72	0,64	0,60
Клевера: кушение бутонизация начало цветения	0,95	0,91	0,90	0,80	0,76	0,68
	0,94	0,88	0,83	0,74	0,68	0,63
	0,87	0,81	0,80	0,71	0,65	0,61
Смесь культурных злаков: кушение трубкование начало колошения	1,05	1,02	1,01	0,80	0,78	0,70
	0,94	0,93	0,90	0,76	0,70	0,65
	0,84	0,83	0,82	0,70	0,63	0,58

Рядом со стравленным участком на нетронутом пастбище после схода росы подкашиванием травы определяют среднюю урожайность на 1м<sup>2</sup> (у).

Поедаемость травы определяют по формуле

$$A = \frac{(y - x) \times 100}{N},$$

где А – процент съеденной травы (поедаемость, %);

у – урожайность пастбища, кг/м<sup>2</sup>;

х – количество несъеденных участков травы, кг/м<sup>2</sup>.

В средних пробах мелко измельченной травы и несъеденных остатков определяют содержание сухого вещества. При отсутствии прибора Чижовой можно воспользоваться утюгом с регулируемой температурой.

Навеску мелко измельченной травы (2г), сделанную на аптечных весах, помещают на лист бумаги, разравнивают, лист складывают вдвое, укрывают двойным слоем бумаги и высушивают утюгом при температуре не выше 105<sup>0</sup>С до постоянного веса. Расчет содержания сухого вещества выполняют по формуле

$$C = \frac{H_1 \cdot 100}{H},$$

где С – содержание сухого вещества в скошенной траве, %;

Н – навеска скошенной травы, взятой для высушивания, 2 г;

H<sub>1</sub> – масса травы после высушивания до постоянного веса при температуре 105<sup>0</sup>С, г.

Аналогично поступают при определении сухого вещества в несъеденных остатках пастбищной травы, вычисляя в них процент содержания сухого вещества.

По окончании этой работы определяют энергетическую питательность скошенной травы и несъеденных остатков (см. данные табл. 6.1):

$$C_1 = \frac{K \cdot C}{100},$$

где С<sub>1</sub> – количество к. ед. в 1 кг скошенной пастбищной травы при ее натуральной влажности;

К – концентрация к. ед. в 1 кг сухого вещества скошенной пастбищной травы (см. табл. 6.1);

С – содержание сухого вещества в скошенной траве, %.

Количество к. ед. в несъеденных остатках пастбищной травы находят по формуле

$$\delta_1 = \frac{K_1 \cdot \delta}{100},$$

где δ<sub>1</sub> – количество к. ед. в 1 кг несъеденных остатков пастбищной травы при ее натуральной влажности;

K<sub>1</sub> – концентрация к. ед. в 1 кг сухого вещества несъеденных остатков пастбищной травы (см. табл. 6.1);

δ – содержание сухого вещества в несъеденных остатках пастбищной травы, %.

Содержание сухого вещества в к. ед. в съеденной траве находят по формулам:

$$a = \frac{100 \times C - \delta \times (100 - A)}{A};$$

$$a_1 = \frac{100 \times C_1 - \delta_1 \times (100 - A)}{A},$$

где  $a$  – сухое вещество в съеденной траве, %;

$C$  – сухое вещество в скошенной траве, %;

$\delta$  – сухое вещество в несъеденных остатках травы, %;

$A$  – съеденная трава (поедаемость травы), %;

$a_1$  – количество к. ед. в 1 кг съеденной травы;

$\delta_1$  – количество к. ед. в 1 кг несъеденных остатков травы;

$C_1$  – количество к. ед. в 1 кг скошенной травы.

Для определения затрат энергии на физиологические функции коров (поддержание жизни, рост плода, отложение в теле) пользуются нормами, приведенными в табл. 4.14.

На основе подготовленной таким образом информации проводят зоотехнический анализ пастбищного кормления коров.

**Пример.** Провести анализ пастбищного кормления гурта дойных коров, находящихся во 2-й фазе лактации, средняя живая масса которых 500 кг, удой молока 17 кг жирностью 3,6%. Выпас животных проводится на культурном пастбище. Цикл стравливания – 1-й, размер гурта 150 голов. Урожайность пастбища 112 ц/г. Стравленная гуртом площадь пастбища за сутки составила 124,5 м в длину и 84 м в ширину. Поедаемость травы – 87%. Пастбище удалено от места доения коров на 2,5 км. Кратность доения – 2 раза в сутки. Содержание влаги в скошенной траве составляет 82%, в несъеденных остатках пастбищной травы – 81%. Необходимо определить, какое количество концентратов (ячменной дерти) необходимо включить в суточный рацион дойных коров, состоящий из травы злакового культурного пастбища и 2 кг сена тимopheевки, содержащего 80% сухого вещества и 0,45 к.ед./кг.

Последовательность работы по выполнению задания следующая.

1. Определяют стравленную площадь пастбища в расчете на 1 корову:

$$(125,5 \times 84) : 150 = 70,28 \text{ м}^2.$$

2. Находят, какое количество пастбищной травы потреблено в среднем каждой коровой:

$$112 \times 100 : 10000 - 70,28 \times 0,87 = 68,48 \text{ кг}.$$

3. По формулам определяют содержание сухого вещества и кормовых единиц в съеденной коровами траве:

$$a = \frac{100 \times c - 6 \times (100 - A)}{A}, \quad a_1 = \frac{100 \times c_1 - (100 - A)}{A},$$

где  $a$  – сухое вещество в съеденной траве, %;

$c$  – сухое вещество в скошенной пастбищной траве, %;

$\bar{b}$  – сухое вещество в несъеденных остатках травы, %;

$a_1$  – количество к. ед. в 1 кг съеденной травы;

$c_1$  – количество к. ед. в 1 кг скошенной травы;

$\bar{b}_1$  – количество к. ед. в 1 кг несъеденных остатков травы;

$A$  – процент съеденной травы (поедаемости травы).

Данные для  $c_1$  и  $\bar{b}_1$  определяют путем умножения содержания кормовых единиц в сухом веществе скошенной травы или несъеденных остатков (см. табл.6.1) на содержание в них сухого вещества:

$$c_1 = \frac{0,90 \times (100 - 82)}{100} = 0,162 \text{ к.ед.};$$

$$\bar{b}_1 = \frac{0,76 \times (100 - 81)}{100} = 0,144 \text{ к.ед.}$$

Подставляют значения показателей в формулы и получают содержание сухого вещества в съеденной траве ( $a$ ) и содержание в ней кормовых единиц ( $a_1$ ):

$$a = \frac{100 \times (100 - 82) - (100 - 81) \times (100 - 87)}{87} = \frac{1800 - 247}{87} = 17,85 \text{ \%};$$

$$a_1 = \frac{100 \times 0,162 - 0,144 \times (100 - 87)}{87} = 0,165 \text{ к.ед.}$$

4. Находят, какое количество сухого вещества, а с ним и кормовых единиц потребила корова вместе со съеденной травой и сеном:  
потреблено сухого вещества пастбищной травы:

$$\frac{68,43 \times 17,865}{100} = 12,2 \text{ кг}$$

потреблено сухого вещества сена:  $2 \times 0,8 = 1,6$ кг;

в потребленном сухом веществе пастбищной травы содержится:

$$68,43 \times 0,165 = 11,29 \text{ к.ед.}$$

в потреблении сухом веществе сена – 0,9к.ед.

5. Производят расчет потребления сухого вещества пастбищной травы на каждые 100 кг живой массы коровы:

$$12,2 : 5 = 2,44 \text{ кг.}$$

Физиологически коровы способны переварить 3,5 кг сухого вещества пастбищной травы в расчете на каждые 100 кг живой массы. В нашем примере мы получили 2,44 кг. Чтобы увеличить этот показатель, необходимо часть, может быть и значительную, пастбищной травы скармливать коровам в скошенном и провяленном виде.

6. Определяют расход энергии у коровы на физиологические функции, используя данные табл. 6.2:

$$4,5+0,5+0,7=5,7 \text{ к.ед.}$$

Т а б л и ц а 6.2. Удельный расход энергии, связанный с 888 животными

Наименование	Удельный расход энергии (кДж/кг/км) при скорости движения		По данным авторов
	3 км/ч	4 км/ч	
Коровы живой массой, кг: 500	2,76	–	Е.А. Надельяк
500	2,38	–	Е.А. Надельяк
450	2,01	–	Холл и Броди
Бычки: 18 мес 176	4,56	4,02	Е.А. Надельяк
5 мес 150	5,27	4,06	Е.А. Надельяк

7. Используя данные табл.6.2, а также зная удаление пастбища от места доения коров и кратность доения (см. задание), находят расход энергии, связанный с передвижением коров, по формуле

$$Q=K \cdot S \cdot W,$$

где Q – количество энергии, израсходованной на передвижение коровы, кДж;

K – удельный расход энергии на 1 кг живой массы, на 1 км пути, кДж (табл.6.2);

S – путь, пройденный коровой от места доения до пастбища и обратно, помноженный на кратность доения, км;

W – живая масса коровы, кг.

$$S = 2,5 \times 2 \times 2 = 10 \text{ км};$$

$$Q = 2,38 \times 500 \times 10 = 11900 \text{ кДж.}$$

Калорийность 1 кг молока (кДж) находят по формуле

$$E = (113,5 \times \text{ж} + 300) \times 4,187,$$

где ж – процент содержания жира.

$$E = (113,5 \times 4,0 + 300) \times 4,187 = 3157 \text{ кДж.}$$

Расход энергии, связанный с передвижением коровы, в пересчете на количество молока 4%-ной жирности составит:

$$11900 : 3157 = 3,77 \text{ кг.}$$

8. Удой пересчитывают на 4%-ное молоко по формуле Фридериксена:

$$A = B \times (0,4 + 15 \times \text{ж}); \quad A = 17 \times (0,4 + 0,15 \times 3,6) = 15,98 \text{ кг.}$$

9. Определяют ожидаемый надой с поправкой величины затрат на передвижение:

$$15,98 + 3,77 = 19,75 \text{ кг.}$$

10. Определяют норму потребности в к.ед. под это молоко из табл. 4.6. Для получения 20 кг требуется 15,3 к.ед. В нашем примере норму надо увеличить до 19,75 кг:

$$15,3 - [(15,3 : 20) \times (20 - 19,75)] = 15,11 \text{ к.ед.}$$

Находим, что если бы коровы не проходили 10 км пути, то каждая могла бы дать дополнительно 3,77 кг молока, а в сумме с тем, что дали – 19,75 кг.

Корове потребовалось бы для этого 15,11 к.ед. и 17,58 кг сухого вещества  $[(17,8 : 15,3) - 15,11]$  по норме (табл.4.6).

Нами установлено, что в среднем каждая корова с пастбищной травой получила 12,2 кг сухого вещества, с сеном – 1,6 кг, а всего 13,8 кг сухого вещества и 12,19 к. ед.  $(11,29 + 0,9)$ .

Для балансирования суточной нормы потребности коров по кормовым единицам требуется 2,92 к. ед.  $(15,11 - 12,19)$  и 3,78 кг сухого вещества  $(17,58 - 13,8)$ .

Вот эти 2,92 к.ед. могут быть добалансированы за счет концентратов, причем с невысоким содержанием кормовых единиц в 1 кг сухого вещества  $(2,92 : 3,78 = 0,772)$ . Это могут быть зерноотходы, овсяная дерть. В задании требуется определить, сколько надо ячменной дерти. Если питательность дерти 1,16 к. ед/кг, то ее потребуется в нашем примере 2,52 кг  $(2,92:1,16)$ .

Из проведенного нами анализа пастбищного кормления можно сделать вывод, что коэффициент обмена пастбищной травы ниже, чем требуется по нормам:  $12,2 : 11,29=1,08$  против  $1,16 (17,58 : 15,11)$ . Это подтверждает необходимость включения в рацион сена, что благоприятно для нормализации рубцового пищеварения и приближает к балансированию рациона по сухому веществу и коэффициенту обмена.

## 7. КОРМЛЕНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ

Высокопродуктивные коровы значительно большую долю энергии кормов превращают в молоко, чем низкопродуктивные. Это явилось основанием относить к числу высокопродуктивных тех коров, которые способны возвращать с молоком не менее 36 % энергии, потребленной с кормом (рационом). К такой группе животных относятся коровы с удо-ем 5–6 и более тысяч килограммов молока за лактацию. Высокие годовые удои получают в том случае, если условия кормления и содержания обеспечивают их поддержание на высоком уровне в течение всего лактационного периода, когда кормление позволяет в полной мере использовать продуктивные способности коров.

Организация кормления высокопродуктивных коров находится в тесной связи с планированием удоев. Для этого можно воспользоваться данными о снижении удоев в связи с естественным ходом лактации у высокопродуктивных коров (табл.7.1).

Т а б л и ц а 7.1. Среднемесячное снижение удоев у высокопродуктивных коров

Удой за 300 дней лактации	Месяцы лактации										Ежемес. сниж. удоев с 2 по 9 мес, %
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Продолжение табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5000	20,2	22	20,5	19,1	17,7	16,5	15,3	14,3	11,4	9,5	7,1
6000	22,4	25,8	24,3	22,7	21,4	20,1	18,8	17,8	15,2	11,4	6,0
7000	25,2	30,0	28,2	26,5	24,9	23,4	22,0	20,7	18,2	14,1	6,0
7500	27,0	32,1	30,2	28,4	26,7	25,1	23,6	22,1	19,5	15,0	6,0

Из табл. 7.1. видно, что начиная со второго по девятый месяц лактации среднее падение суточных удоев у высокопродуктивных коров составляет около 6 %. Соотношение между кормом и продуктивностью у них меняется в зависимости от фазы лактации, живой массы, уровня продуктивности и др. Нормы кормления с учетом этих факторов приведены в табл. 7.2 – 7.5.

У высокопродуктивных коров обязателен контроль объема кормовой дачи по содержанию в ней сухого вещества, который нельзя считать всегда надежным. Дело в том, что одинаковые весовые количества сухого вещества разных кормов в набухшем состоянии занимают различные объемы в пищеварительном канале животных. Кроме того, различные по ассортименту кормов дачи при равном содержании в них сухого вещества неодинаковое время остаются в пищеварительном канале, и, наконец, они содержат неодинаковое количество непереваримых веществ – балласта, наполняющего кишечник. Поэтому значительно лучше характеризуют пригодность кормового рациона для высокопродуктивных молочных коров так называемые «коэффициенты объема», предложенные Лерви.

Хорошим показателем при оценке рационов для коров высокой продуктивности следует считать содержание в рационе непереваримых веществ или, как их иногда называют, «балласта». Чем больше продуктивность, тем выше должна быть переваримость кормов и рационов. Количество балласта в рационе коров не должно увеличиваться с повышением удоев. Другими словами, каждое животное в зависимости от развития у него пищеварительных органов и их вместимости способно нормально переваривать рационы с содержанием балласта не выше определенного максимума, т.е. количество переваримых веществ в суточном рационе должно возрастать без значительного его увеличения. На практике это можно реализовать, если при составлении рационов учитывать и скорость переваривания отдельных кормов. По данным Э.Р. Ерскова, она у различных кормов далеко не одинакова. Например, свекла переваривается у жвачных животных на 85% за 2 – 6 часов, зерно злаковых – на 80 % за 12 – 14 часов, пастбищная трава и клевер – на 70% за 12 – 18 часов, плохое сено – на 55 % за 30 – 40 часов, а солома – на 40 % за 45 – 56 часов. Отсюда видно, что для повышения продуктивности в рационах необходимо увеличивать количество кормов, кото-



рые быстрее и лучше перевариваются, оставляя меньшее количество балласта.

При кормлении высокопродуктивных коров всегда приходится решать проблему оптимального использования питательных веществ – протеина, жира, клетчатки, крахмала, сахаров. Все эти питательные вещества подвергаются в рубце гидролизу с помощью различных микроорганизмов, требующих для жизнедеятельности разных значений pH среды. Необходимость скармливания большого количества концентратов высокопродуктивным коровам может привести к снижению pH до 5,2– 5,4, что губительно для целлюлозолитических микроорганизмов, расщепляющих клетчатку при pH 6,4 – 6,8. Поэтому имеет значение дробное скармливание концентратов (разделение на несколько дач в сутки), высокое качество сена и сенажа, у которых клетчатка с низкой степенью лигнификации (низким коэффициентом объема – 1,25 – 1,4), чтобы корма быстрее и легче могли перевариваться, но при этом вызывали у коров в большом количестве секрецию слюны.

В кормлении высокопродуктивных коров в пастбищный период проблему увеличения потребления сухого вещества в расчете на 100 кг живой массы необходимо решать путем введения в их рацион хорошего сена, скошенной и провяленной пастбищной травы, организации доения коров непосредственно на пастбище с помощью передвижных доильных установок. Одним из важнейших факторов, влияющих на молочную продуктивность, является также рациональное использование коров по периодам лактации и стельности.

По обобщенным данным, с учетом особенностей потребления кормов в сухостойный период, наукой разработана следующая схема кормления высокопродуктивных коров: первые 4 – 5 недель уровень кормления должен составлять 12 к.ед. для коров с удоем 5 тыс. кг молока за лактацию и 13 – 14 к.ед. для получения продуктивности 6 – 7 тыс. кг молока. Примерно за 2 недели до ожидаемого отела скармливание концентратов постепенно увеличивают из расчета, чтобы к отелу корова могла получить 40 % от уровня максимального потребления концентрированных кормов во время лактации. Состав концентратной смеси необходимо довести до уровня, который будет скармливаться после отела, поскольку к моменту отела коровы должны иметь высшую упитанность. В практике кормления высокопродуктивных коров самым ответственным считается период, охватывающий первые 100 – 120 дней лактации, на который приходится до 45 % годового объема молока. В этот период недостающее количество энергии и питательных веществ для синтеза большого количества молока заимствуется из резерва организма. При этом нельзя допустить, чтобы потери живой массы в начальный период превысили 0,5 кг в сутки, а общие потери за период раздоя (15 – 60-й дни лактации) – не более 8 % живой массы тела. Пик лактации у коров наступает на 30 – 45-й день после отела, а пик потребления корма – через 2 – 2,5 месяца. Мастерство животноводов заключается в том, что-

бы сократить разрыв между этими моментами правильным подбором травяных объемистых кормов высокого качества с низким коэффициентом объема и скармливанием высокоэнергетических концентратов с высоким содержанием белка (400 – 500 г на 1 кг молока). Несоблюдение этого правила или скармливание кормов невысокого качества могут привести к срыву лактации.

В середине лактации рацион в основном такой же, как и в новотельный период, но количество концентратов в расчете на 1 кг молока снижают до 300 – 350 г. Во второй половине лактации (3-я – 4-я фазы) увеличивают в рационе долю объемистых кормов и уменьшают количество концентратов до 200 – 250 г на 1 кг молока.

**Задание.** Составить рацион для высокопродуктивной коровы (живая масса 600 кг, удой 32,3 кг жирностью 3,5 %). Корова в 1-й фазе лактации на раздое. В рацион включить сено клеверо-тимофеечное, сенаж из многолетних бобово-злаковых трав, свеклу полусахарную, ячменную дерть, шрот подсолнечниковый, комбикорм К-60-7, витапротейн, премикс П-60-6м. Величина аванса для раздоя составляет 2 к.ед. и 2 кг сухого вещества.

#### **Выполнение задания.**

1. Готовят информацию о питательности кормов так, как это показано в табл. 3.2.

2. Переводят молоко на 4 %-ное содержание жира.

3. Определяют норму потребности в кормах для высокопродуктивной коровы из табл. 7.2 для соответствующего надоя, плюсуя к ней величину сухого вещества, кормовых единиц аванса на раздой и соответствующее им количество других элементов питания. Определяют нормативный коэффициент объема (КО).

4. Выполняют группировку кормов: травяные объемистые корма – первая группа, концентраты и корнеплоды – вторая группа. Определяют средний КО для каждой группы.

5. С помощью квадрата Пирсона находят количество частей для распределения суточной нормы кормовых единиц для травяных объемистых кормов и концентратов с корнеплодами.

6. Составляют набор кормов в рационе в таком порядке, как это было сделано при выполнении задания 1 темы 4.

7. Балансируют рацион по недостающим элементам питания.

8. Распределяют рацион на базисную и продуктивную части. Базисная часть рациона предусматривает получение надоя 5 – 8 кг в сутки.

**Т а б л и ц а 7.2. Нормы кормления дойных коров живой массой 600 кг, энергетический баланс отрицательный (11 – 60-й день доения, I фаза лактации), на 1 гол. в сутки**

Показатели	Среднесуточный удой в пересчете на жирность 4% , кг									
	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Кормовые единицы	14,1	15,2	16,3	17,4	18,5	19,6	20,7	21,8	22,9	24,0
ЭКЕ	16,4	17,6	18,7	19,9	21,0	22,2	23,3	24,5	25,8	27
Сухое в-во, кг	16,34	17,12	17,85	18,55	19,21	19,84	20,43	21,0	21,54	22,06
Сырой протеин, г	2204	2399	2595	2795	2997	3200	3404	3610	3814	4024
Пер. протеин, г	1440	1570	1700	1830	1960	2090	2220	2350	2480	2610
Лизин, г	121	130	138	147	155	164	172	181	189	198
Сырая клетч., г	3843	3893	3920	3929	3920	3893	3849	3793	3722	3640
Крахмал, г	2068	2277	2487	2696	2906	3115	3325	3534	3743	3954
Сахар, г	1368	1529	1689	1850	2011	2171	2332	2493	2654	2814
Сырой жир, г	478	529	580	631	682	733	785	836	887	938
Соль поварен., г	98	106	114	123	131	139	147	155	164	172
Кальций, г	98	106	114	123	131	139	147	155	164	172
Фосфор, г	71	78	86	93	101	108	115	123	130	138
Магний, г	27	28,3	297	31,0	32,3	33,7	35,0	36,3	37,7	39,0
Калий, г	101	110	118	127	136	144	153	162	170	179
Сера, г	35,5	37,4	39,4	41,3	43,2	45,2	47,1	49,1	51	53,0
Железо, мг	1166	1271	1375	1480	1585	1690	1794	1899	2004	2108
Медь, мг	132	145	158	171	184	196	209	222	235	248
Цинк, мг	945	1012	1078	1145	1211	1278	1344	1411	1477	1544
Кобальт, мг	10,5	11,6	12,7	13,8	14,9	16,0	17,1	18,2	19,3	20,5
Марганец, мг	945	1012	1078	1145	1211	1278	1344	1411	1477	1544
Иод, мг	11,9	13,2	14,4	15,7	16,9	18,2	19,4	20,7	21,9	23,2
Каротин, мг	645	699	752	809	860	914	968	1021	1076	1130
Витамин D, тыс. МЕ	14,3	15,5	16,7	17,9	19,1	20,3	21,5	22,7	23,9	25,1
Витамин E, мг	574	622	670	719	767	815	863	911	960	1008
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,863	0,888	0,913	0,938	0,963	0,988	1,013	1,038	1,063	1,088
КО, кгСВ/КЕ	1,159	1,126	1,095	1,066	1,038	1,012	0,987	0,963	0,941	0,919
СП, г/кг СВ	134,9	140,1	145,4	150,7	156,0	161,3	166,6	171,9	177,1	182,4

**Т а б л и ц а 7.3. Нормы кормления дойных коров живой массой 600 кг, энергетический баланс нулевой (61 – 120-й день доения, II фаза лактации), на 1 гол. в сутки**

Показатели	Среднесуточный удой молока в пересчете на жирность 4% , кг									
	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кормовые единицы	12,9	13,9	14,9	16,0	17,1	18,2	19,3	20,4	21,5	22,6
ЭКЕ	15,2	16,3	17,4	18,4	19,5	20,6	21,7	22,7	23,8	24,9
Сухое в-во, кг	16,00	16,75	17,45	18,20	18,94	19,61	20,27	20,90	21,48	22,05
Сырой протеин, г	1970	2149	2328	2503	2722	2920	3122	3325	3529	3735
Пер. протеин, г	1280	1400	1520	1650	1780	1910	2040	2170	2300	2430
Лизин, г	108	116	124	131	139	147	155	163	170	178
Сырая клетч., г	4054	4102	4146	4180	4200	4195	4175	4140	4085	4020
Крахмал, г	1802	2016	2231	2445	2660	2874	3089	3303	3517	3732
Сахар, г	1187	1350	1513	1676	1839	2002	2165	2328	2491	2656
Сырой жир, г	422	473	525	576	627	679	730	781	832	884

Продолжение табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Соль поварен., г	88	97	105	114	122	131	139	148	156	165
Кальций, г	88	97	105	114	122	131	139	148	156	165
Фосфор, г	64	71	78	86	93	100	107	115	122	129
Магний, г	25,4	26,7	28	29,2	30,5	31,8	33,1	34,3	35,6	36,9
Калий, г	91	100	109	117	126	135	144	153	161	169
Сера, г	32,0	34,3	36,6	38,9	41,2	43,5	45,8	48,1	50,4	52,7
Железо, мг	1051	1155	1259	1363	1467	1571	1675	1779	1883	1988
Медь, мг	118	131	144	157	170	183	196	209	222	235
Цинк, мг	784	859	934	1009	1084	1159	1234	1309	1384	1459
Кобальт, мг	9,3	10,4	11,5	12,7	13,8	14,9	16,0	17,2	18,3	19,4
Марганец, мг	784	859	934	1009	1084	1159	1234	1309	1384	1459
Иод, мг	10,5	11,8	13,0	14,3	15,5	16,8	18,0	19,3	20,5	21,8
Каротин, мг	335	637	690	742	795	847	900	952	1005	1056
Витамин D, тыс. МЕ	13,0	14,2	15,3	16,5	17,6	18,8	19,9	21,1	22,2	23,4
Витамин E, мг	521	568	616	663	711	759	807	855	902	948
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,800	0,830	0,854	0,879	0,903	0,928	0,952	0,976	1,001	1,025
КО, кгСВ/КЕ	1,241	1,205	1,171	1,138	1,107	1,078	1,050	1,025	0,999	0,976
СП, г/кг СВ	123,1	128,3	133,4	137,5	143,7	147,9	154,0	159,1	164,3	169,4

**Т а б л и ц а 7.4. Нормы кормления дойных коров живой массой 600 кг, энергетический баланс умеренно-положительный (121 – 210-й день доения, III фаза лактации), на 1 гол. в сутки**

Показатели	Среднесуточный удой молока в пересчете на жирность 4% , кг								
	12	14	16	18	20	22	24	26	28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кормовые единицы	12,4	13,4	14,4	15,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9
ЭКЕ	14,8	16,0	17,2	18,3	19,5	20,7	21,9	23,0	24,2
Сухое в-во, кг	16,0	16,77	17,50	18,2	18,97	19,69	20,37	21,02	21,64
Сырой протеин, г	1872	2046	2223	2402	2599	2796	2994	3195	3397
Пер. протеин, г	1210	1330	1450	1570	1700	1830	1960	2090	2220
Лизин, г	103	112	121	130	138	147	156	165	174
Сырая клетч., г	4213	4283	4331	4361	4398	4407	4398	4372	4330
Крахмал, г	1661	1867	2073	2279	2485	2691	2897	3103	3306
Сахар, г	1070	1223	1376	1529	1682	1835	1988	2141	2313
Сырой жир, г	388	437	486	535	584	633	682	731	781
Соль поварен., г	83	91	100	108	116	125	133	142	150
Кальций, г	83	91	100	108	116	125	133	142	150
Фосфор, г	58	65	73	80	87	94	101	109	116
Магний, г	25,1	26,5	27,9	29,4	30,8	32,3	33,7	35,2	36,9
Калий, г	86	94	103	111	120	128	136	145	153
Сера, г	31,2	33,5	35,8	38,1	40,4	42,7	44,9	47,2	49,5
Железо, мг	992	1093	1195	1296	1398	1499	1600	1702	1803
Медь, мг	110	122	135	148	161	173	186	199	209
Цинк, мг	744	817	890	963	1036	1108	1181	1254	1327
Кобальт, мг	8,4	9,5	10,6	11,7	12,9	14,0	15,1	16,2	17,3
Марганец, мг	744	817	890	963	1036	1108	1181	1254	1327
Иод, мг	9,6	10,8	12,0	13,3	14,5	15,7	16,9	18,2	19,4
Каротин, мг	558	610	662	714	766	818	870	922	975
Витамин D, тыс. МЕ	12,4	13,4	14,4	15,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9

Продолжение табл. 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витамин Е, мг	497	543	590	636	683	729	775	822	868
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,775	0,799	0,823	0,846	0,870	0,894	0,918	0,942	0,966
КО, кгСВ/КЕ	1,290	1,252	1,215	1,182	1,149	1,119	1,089	1,062	1,035
СП, г/кг СВ	117	122	127	132	137	142	147	152	157

**Т а б л и ц а 7.5. Нормы кормления дойных коров живой массой 600 кг, энергетический баланс заметно положительный (211 – 300-й день доения, IV фаза лактации), на 1 гол. в сутки**

Показатели	Среднесуточный удой молока в пересчете на жирность 4% , кг							
	8	10	12	14	16	18	20	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кормовые единицы	11,1	12,1	13,1	14,1	15,1	16,1	17,2	18,3
ЭКЕ	13,3	14,4	15,6	16,7	17,9	19,0	20,2	21,3
Пухое в-во, кг	15,40	16,24	17,06	17,83	18,53	19,21	19,58	20,7
Сырой протеин, г	1636	1804	1979	2157	2329	2509	2705	2904
Пер. протеин, г	1040	1160	1280	1400	1520	1640	1770	1900
Лизин, г	91	100	109	118	126	135	143	151
Сырая клетч., г	4344	4456	4548	4614	4651	4672	4703	4711
Крахмал, г	1326	1534	1742	1950	2158	2366	2574	2785
Сахар, г	793	953	1113	1274	1434	1595	1755	1915
Сырой жир, г	304	354	405	455	505	556	606	656
Соль поварен., г	72	80	88	96	105	113	121	129
Кальций, г	72	80	88	96	105	113	121	129
Фосфор, г	47	54	62	69	76	84	91	98
Магний, г	24,6	25,8	26,9	28,1	29,3	30,5	31,6	32,8
Калий, г	75	83	91	99	108	116	124	132
Сера, г	29	31,2	33,3	35,5	37,6	39,8	41,9	44,1
Железо, мг	829	932	1034	1137	1240	1342	1445	1548
Медь, мг	91	103	115	128	141	153	165	176
Цинк, мг	642	714	785	856	928	999	1071	1145
Кобальт, мг	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1	12,2	13,3	14,4
Марганец, мг	642	714	785	856	928	999	1071	1145
Иод, мг	7,6	8,8	10,1	11,3	12,6	13,8	15,0	16,3
Каротин, мг	488	539	591	642	693	745	796	847
Витамин D, тыс. ME	11,1	12,1	13,1	14,1	15,1	16,1	17,2	18,3
Витамин Е, мг	437	482	527	572	618	663	708	753
ОКЕ, в 1 кг СВ	0,721	0,745	0,768	0,791	0,815	0,838	0,861	0,884
КО, кгСВ/КЕ	1,387	1,342	1,302	1,264	1,227	1,193	1,161	1,131
СП, г/кг СВ	106,2	111,1	116	120,9	125,7	130,6	135,4	140,3

## 8. ВЛИЯНИЕ КОРМЛЕНИЯ НА КАЧЕСТВО МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Один и тот же корм при скармливании дойным коровам может вызывать как снижение, так и повышение жира в молоке (табл. 8.1).

**Т а б л и ц а 8.1. Максимальные дачи некоторых кормов коровам при использовании молока для различных целей, кг**

Корма	Сбыт цельного молока	Переработка на масло	При сыроварении
Жмых: льняной, подсолнечниковый	4	2,5	1,5 – 2,5
рапсовый	1,5	1,2	1 – 1,5
Отруби пшеничные	6	4	3,5
Овес	4	2,5	3
Кукуруза	4	2	3
Рожь, ячмень	4	3	3
Горох, вика, бобы	1,5	1,5	1,5
Пивная дробина	16	16	8
Барда свежая	30	40	30
Жом	40	30	15
Патока	1,5	1,5	1,5
Картофель	20	20	10
Свекла кормовая	40	40	20
Силос высокого качества	35	35	20

Состав молока и процент в нем жира зависят от характера переваривания в рубце. Недостаток уксусной кислоты в рубце – одна из причин снижения жирности молока. Богатые клетчаткой рационы способствуют образованию ацетата в рубце, а рационы, насыщенные сахаром, ведут к образованию в нем большого количества масляной кислоты и незначительного уксусной. Корма, богатые крахмалом, повышают образование пропионовой кислоты, что приводит к увеличению белка в молоке.

Благоприятное действие на удой и состав молока оказывает хороший зеленый корм, сено, свекла, морковь, силос травяной, концентраты.

Недоброкачественный силос – причина пенистого молока, имеющего неприятный запах. Силос, длительное время находившийся в коровнике, также может быть причиной его неприятного запаха.

Водянистое молоко может быть получено при скормливания коровам большого количества водянистых кормов или плохого качества грубых кормов.

Вкус молока и масла ухудшается при скормливания коровам соломы и лесного сена в больших количествах, при пастьбе на пастбищах, засоренных крестоцветными, полынью, при скормливания в больших количествах водянистых кормов – жома, барды, мезги, при больших дачах жмыхов, богатых жиром.

Для производства твердых жирных сыров рекомендуется скармливать сено, зерно злаков, свеклу кормовую, силос высокого качества в небольших количествах, сенаж в определенных соотношениях. При производстве полужирных и мягких сыров – жмыхи, шроты, барду, картофель, силос и сенаж в различных соотношениях.

При кормлении доброкачественным силосом масло имеет желтый цвет, лучше мажется; сеном и свеклой – масло рассыпчатое.

Избыток корнеплодов в рационах коров снижает жирность молока и ухудшает вкусовые и технологические его свойства. Льняной жмых ухудшает вкус и консистенцию масла, а хлопчатниковый шрот – придает маслу твердую консистенцию.

Красноватый оттенок в молоке появляется при поедании коровами сена или травы с примесью подмаренника, осоки, полевого молочая, а сине-голубой – при поедании сена или травы с большим количеством хвоща полевого, пижмы, водяного перца. Синеватый цвет молока свидетельствует о том, что оно сильно разбавлено водой и в нем снижено содержание жира.

При скармливании в больших количествах коровам турнепса, брюквы, капусты, свекольной ботвы молоко приобретает запах кормов.

## **9. КОРМЛЕНИЕ ТЕЛЯТ ДО 6-МЕСЯЧНОГО ВОЗРАСТА**

Кормление телят до 6-месячного возраста необходимо рассматривать с точки зрения интенсификации отрасли молочного животноводства. На первое место здесь выдвигается вопрос о выращивании коров с продуктивностью 5500 – 6000 и более кг молока по первому отелу.

Голштинизация молочного скотоводства потребовала пересмотра схем и норм кормления телок, которые были рассчитаны на невысокую их живую массу в шестимесячном возрасте – 130 – 155 кг. Молочный период у телят характеризуется одновременным интенсивным ростом органов и тканей и способностью давать высокие приросты. Интенсивность обмена веществ в этот период и связанная с ним интенсивность роста телят пропорционально коррелирует с уровнем будущей молочной продуктивности выращиваемых из них коров и зависит от схем кормления молодняка. Что касается результатов научных исследований и практики ведения интенсивного молочного животноводства, то корреляция между живой массой телок в 6-месячном возрасте с будущей их молочной продуктивностью представлена в табл. 9.1.

**Т а б л и ц а 9.1. Связь между живой массой телок в 6-месячном возрасте с будущей молочной продуктивностью коров (по данным страны-производителя)**

Живая масса при рождении, кг	Прирост		Живая масса телок в 6 мес, кг	Молочная продуктивность коров, кг	Страна-производитель
	за 6 мес, кг	за сутки, г			
30	130	722	160	4000	Эстония
35	135	750	170	4500	Эстония
35	145	805	180	5500	Россия
40	150	833	190	6000	ФРГ
40	160	888	200	7000	США
40	170	944	210	8000 и более	США

Интенсивный стартовый без ожирения рост (от рождения до 6-месячного возраста) и развитие телок – это основа будущей высокой продуктивности коров.

Подекадные нормы потребности для телок от рождения до 6-месячного возраста в основных питательных веществах и продуктивной энергии представлены в табл.9.2.

**Т а б л и ц а 9.2. Нормы потребности телок молочного периода в основных питательных веществах и энергии для выращивания коров с продуктивностью 6 – 7 тыс. кг молока**

Возраст		Средняя живая масса за декаду, кг	Норма		Нормы концентрации элементов питания в 1 кг сухого вещества						КО, кг СВ/КН
Месяцы	Декады		Поддерж. на 100 кг живой массы, КЕ	На 1 кг прироста, КЕ	КЕ	Переваримый протеин, г	Сырая клетчатка, г	Кальций, г	Фосфор, г	Каротин, мг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	1	33	2	2,15	2,30	320	-	12,6	6,7	38	0,44
	2	40	1,95	2,20	2,27	316	80	12,5	6,6	37,3	0,45
	3	50	1,90	2,23	2,13	288	100	11,9	6,5	36,6	0,47
II	4	58	1,85	2,27	1,99	260	120	11,3	6,4	35,9	0,50
	5	67	1,77	2,30	1,86	232	139	10,7	6,3	35,2	0,54
	6	75	1,74	2,33	1,68	209	160	10,2	6,2	34,5	0,60
III	7	83	1,70	2,37	1,50	186	180	9,7	6,0	33,7	0,67
	8	91	1,67	2,40	1,32	164	200	9,1	5,9	32,1	0,76
	9	99	1,63	2,43	1,26	153	206	9,05	5,7	31,4	0,79
IV	10	107	1,62	2,47	1,20	141	212	9,0	5,5	30,7	0,83



	11	115	1,60	2,50	1,14	130	218	8,9	5,4	30,0	0,88
	12	123	1,57	2,50	1,09	121	212	8,3	5,2	29,2	0,92

Продолжение табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V	13	131	1,53	2,51	1,04	112	206	7,9	5,1	28,5	0,96
	14	139	1,50	2,52	1,00	103	200	7,6	4,9	27,8	1,00
	15	147	1,47	2,52	0,98	100	204	7,4	4,7	27,1	1,02
VI	16	155	1,43	2,53	0,95	97	206	7,2	4,4	26,4	1,05
	17	163	1,40	2,54	0,93	94	210	6,9	4,2	26,2	1,08
	18	170	1,38	2,55	0,91	92	215	6,7	4,1	26,0	1,10

Составление схем кормления телок начинают с подготовки информации о питательности кормов (табл. 9.3).

Таблица 9.3. Информация о питательности кормов для телят-молочников

Наименование	Сухое вещество, %	Содержание в 1 кг						
		КЕ	Переваримый протеин, г	Сырая клетчатка, г	Кальций, г	Фосфор, г	Каротин, г	Витамин D, тыс. МЕ
Молозиво	15	0,34	51	-	1,6	1,4	10	100
Молоко	13	0,30	33	-	1,3	1,2	1	13
Обрат свежий	9	0,13	31	-	1,4	1,0	-	12
ЗЦМ сухой	96	2,23	230	-	12,7	8,7	32	0,4
Комбикорм К-61-2	85	1,09	169	58	5,1	7,3	3,0	-
Травяная резка	84,5	0,65	76	242	9,4	3,7	120	100
Сено	82,5	0,55	69	248	10,4	5,2	25	-
Сенаж	42,2	0,33	32	105	3,4	1,2	27	-
Силос	25,0	0,19	19	85	2,5	1,0	18	-
Картофель вареный	22,8	0,34	17	14	0,2	0,6	-	-
Свекла кормовая	10,8	0,11	9	8	0,6	0,6	-	-
Овсянка	85	1,10	84	31	2,0	4,0	-	-

Потом составляют план роста телок по месяцам молочного периода с дифференциацией суточных приростов по каждой декаде (табл. 9.4).

В нашем примере, на котором демонстрируем порядок составления схемы кормления телок до 6-месячного возраста, поставлена задача вырастить их к концу шестого месяца живой массой 180 кг. После дифференциации суточных приростов и определения живой массы телок по декадам определяем норму потребности в основных питательных веществах, используя табл.9.2. Порядок определения норм

потребности телок продемонстрируем на примере 1-й декады (табл.9.4).

Т а б л и ц а 9.4. Схема кормления телок в стойловый период

Возраст		План роста		Нормы потребности						
Месяцы	Декады	Прирост за сутки, г	Живая масса в конце декады, кг	Сухое веще- ство, г	КЕ	ПП, г	Сыр. клетчатка г	Каль- ций, г	Фосфор, г	Каро- тин, мг
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	1	600	36	0,848	1,95	271	—	10,7	5,7	32
	2	700	43	1,018	2,31	321	81	12,7	6,7	38
	3	800	51	1,257	2,68	362	125	14,8	8,2	46
1 мес		700		31,3	69,5					
II	4	800	59	1,424	2,83	370	171	16,1	9,1	51
	5	850	67	1,653	3,07	383	230	17,7	10,44	58
	6	850	76	1,921	3,23	401	307	19,6	11,9	66
2 мес		833		50,0	91,3					
III	7	850	84	2,252	3,38	419	405	21,8	13,5	76
	8	850	93	2,668	3,52	437	534	24,3	15,7	86
	9	850	101	2,897	3,65	443	597	26,2	16,5	91
3 мес		850		78,2	105,5					
IV	10	900	110	3,233	3,94	463	696	29,5	18,0	101
	11	900	120	3,588	4,09	466	782	31,9	19,4	108
	12	900	128	3,850	4,20	466	816	31,9	20,0	112
4 мес		900		107,2	122,3					
V	13	900	137	4,129	4,29	462	850	32,6	21,0	118
	14	900	146	4,398	4,40	453	880	33,4	21,6	122
	15	900	155	4,580	4,49	453	934	33,9	21,6	124
5 мес		900		131,1	131,8					
VI	16	850	164	4,801	4,56	466	989	34,6	21,7	127
	17	800	172	4,724	4,38	444	992	32,6	20,0	124
	18	800	180	4,911	4,47	452	1056	32,8	20,1	128
6 мес		817		144,4	134,1					
И т о г о		833		542,2	654,5					

Продолжение табл. 9.4

Возраст		Суточная дача кормов, кг										В схеме		Кoeff. объема, кг СВ/КЕ		
Меся- цы	Дека- ды	Молоко		Объемистые корма				Концентраты		Мин. корма		КЕ	су- хо- го ве- ще- ства	Норма	Факт, в схеме	
		Цель- ное	Обрат	Травя- ная резка	Сено	Се- на ж	Силос	Кор- непло- ды	Овсян- ка	Ком- би- корм	Соль , г					Пре- ци- питат
1	2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
I	1	6									—	—	2,04	0,8	0,435	0,441
	2	6		приуч.					0,2		5	5	2,26	1,01	0,441	0,447
	3	7		приуч.				приуч.	0,3	0,2	5	5	2,648	1,33	0,444	0,504
1 мес		190							5	2	100	100	69,5	32,4	0,450	0,466
II	4	3	5	0,3	приуч.			0,2	0,3	0,5	10	20	2,642	1,795	0,509	0,679
	5	2	6	0,4	приуч.		приуч.	0,3	0,2	0,9	10	20	3,053	2,141	0,538	0,699
	6	1	7	0,6	приуч.		приуч.	0,5	0,1	1,1	10	20	3,244	2,401	0,585	0,740
2 мес		60	180	13				10	6	25	300	600	89,3	63,4	0,547	0,710
III	7		8	0,7	0,3		0,5	0,6		1,3	15	20	3,376	2,925	0,667	0,866
	8		8	0,8	0,4		0,8	0,8		1,3	15	20	3,621	3,213	0,757	0,887
	9		7	1,0	0,5		1,0	1,0		1,3	15	20	3,772	3,470	0,794	0,920
3 мес			230	25	12		23	24		39	450	600	107,7	96,1	0,741	0,892
IV	10		6	1,0	0,6		2,0	1,5		1,2	15	20	3,958	3,742	0,833	0,945
	11		5	1,0	0,7		2,0	1,5		1,3	15	20	4,088	3,819	0,877	0,934
	12		3.	1,0	0,8		2,5	1,6		1,5	15	20	4,190	4,040	0,917	0,964
4 мес			140	30	21		65	46		40	450	600	122,4	116,0	0,876	0,948
V	13		2		2		3	3		1,9	20	25	4,331	4,525	0,961	1,045
	14		2		2,2		3	3		1,9	20	25	4,536	4,690	1,000	1,033
	15		1		2,5		3	3		2	20	25	4,585	4,832	1,020	1,075
5 мес			50		67		90	90		58	600	750	134,5	141,5	0,995	1,052
VI	16				2,5		5	3		1,9	25	30	4,725	5,257	1,052	1,112
	17				2,5		5	3		1,9	25	30	4,725	5,257	1,077	1,112
	18				2,5		6	3		1,9	25	30	4,916	5,507	1,089	1,120
6 мес					75		160	90		57	750	900	143,7	160,2	1,077	1,115
Итого		250	600	68	175		338	260	11	221	2680	3550	667,1	609,6	0,828	0,914

Телка при рождении весила 30 кг, а в конце декады будет весить 36 кг, прирост составляет по 600 г в сутки. Следовательно, средняя живая масса ее за эту декаду составит 33 кг  $(30 + 36)/2$ .

Таким образом, среднесуточная норма потребности телки для этой декады должна быть рассчитана на ее среднюю живую массу и средний суточный прирост.

Рассчитывают потребность в кормовых единицах (КЕ) на поддержание жизни, нормы берут из табл. 9.2:

$$(33 \times 2)/100 = 0,66 \text{ КЕ.}$$

Потребность на прирост 600 г за сутки –

$$(2,15 \times 600)/1000 = 1,29 \text{ КЕ.}$$

Итого на поддержание жизни и прирост –

$$0,66 + 1,29 = 1,95 \text{ КЕ.}$$

Потребность в сухом веществе –

$$1,95 : 2,30 = 0,848 \text{ кг.}$$

Потребность в переваримом протеине –

$$0,848 \times 320 = 271 \text{ г.}$$

Потребность в кальции –

$$0,848 \times 12,6 = 10,7 \text{ г.}$$

Потребность в фосфоре –

$$0,848 \times 6,7 = 5,7 \text{ г.}$$

Потребность в каротине –

$$0,848 \times 38 = 32 \text{ мг.}$$

Нормативный коэффициент объема для этой декады –

$$0,848/1,95 = 0,435 \text{ кг СВ/КЕ.}$$

По аналогии определяют нормы потребности на каждую последующую декаду при использовании для этого соответствующих им удельных норм из табл.9.2. Когда подекадные нормы потребности готовы, дальнейшая работа по составлению схемы кормления сводится к набору кормов по ним с целью балансирования подекадных рационов. Здесь необходимо знать, с какой декады включать в рацион тот или иной корм.

В течение первой декады жизни молозиво является единственным кормом для телки. Его среднесуточная норма определяется путем деления нормы потребности в кормовых единицах на их содержание в одном килограмме молозива:

$$1,95/0,34 = 5,7 \approx 6 \text{ кг.}$$

Молозиво содержит защитные вещества против болезней (пассивный иммунитет). Необходимо знать, что стенки кишечника новорожденного теленка только короткое время после рождения способны пропускать в кровь эти защитные вещества. Поэтому надо сделать все, чтобы первые три часа жизни теленок как можно больше потребил молозива матери, лучше свободным его всасыванием. Количество потребленного молозива за это время не должно быть меньше 1 л. В последующие 9 часов жизни необходимо обеспечить телке потребление

следующих 1,5 – 2 л молозива, к концу первой недели жизни она должна выпивать 6 – 7 л его ежедневно.

Со второй декады телкам начинают нормировать просеянную овсянку и до конца месяца расходуют ее 5 – 6 кг на голову.

К поеданию травяной резки или хорошо облиственного сена телок приучают со второй декады, а к нормированию этого корма приступают в четвертой декаде. С четвертой декады начинают сокращать в рационе цельное молоко, заменяя эту его часть обратом или заменителем цельного молока (ЗЦМ).

На втором месяце заканчивают дачу телятам цельного молока, а обрат или ЗЦМ продолжают использовать до конца четвертого месяца. К зеленым кормам телок приучают со второй декады, а к корнеклубнеплодам – с третьей (нормирование этих кормов в рационах производят с четвертой декады их жизни). К силосу и сенажу телок начинают приучать с пятой декады, а нормируют эти корма с седьмой декады.

Дальнейшая работа над схемой кормления телок – это подекадное составление сбалансированных по питательным веществам рационов с набором тех видов кормов, нормирование и скармливание которых допустимо в определенное время. После составления подекадных сбалансированных рационов подсчитывают помесячный и итоговый расход кормов по видам за шесть месяцев.

В схеме кормления по каждой декаде подсчитывают коэффициент объема (КО). Это единственный показатель, по которому можно судить о гарантиях получения запланированных приростов. Из нашей схемы кормления (табл.9.4) видно, что в первых двух декадах нормативный КО практически совпадает с фактическим. Начиная с третьей декады и далее, по мере включения в рацион объемистых кормов и концентратов, фактический КО становится больше нормативного. Это значит, что уменьшаются гарантии получения запланированного прироста.

Дело в том, что повышение интенсификации роста и развития телок должно достигаться адекватным повышением качества травяных объемистых кормов (сено, сенаж, силос), а также повышением энергетической ценности и переваримости органического вещества концентратов за счет всестороннего и глубокого воздействия на них приемами технологической обработки: освобождения от пленок, декстринизации, варки паром, микронизации, ферментативной обработки, обогащения различными компонентами. Ускорить интенсификацию роста и развитие ремонтного молочного молодняка помогут также спецкомбикорма для телок с глубокой технологической обработкой ингредиентов, входящих в их состав, а также высокое качество травяных объемистых кормов (сена, сенажа, силоса). Эта проблема требует ещё решения.

## 10. КОРМЛЕНИЕ РЕМОНТНЫХ ТЕЛОК И БЫЧКОВ

Уровень кормления бычков и телок старше 6-месячного возраста должен обеспечивать их способность к значительным приростам для обеспечения высокой классности по развитию и живой массе с тем, чтобы к взрослому состоянию животные имели крепкую конституцию и хорошее здоровье. Для этого составляют помесячные планы их роста без ожирения с таким расчетом, чтобы случку телок можно было проводить в 16 – 18-месячном возрасте при достижении ими живой массы 360 – 380 кг, а ко времени первого отела – 450 – 480 кг.

Рекомендуемые планы роста телок различаются по величине среднесуточных приростов в зависимости от планируемой живой массы выращиваемых коров (табл.10.1).

Таблица 10.1. Примерный план роста ремонтных телок и нетелей

Показатели	Ремонтные телки						Нетели			
	Возраст, мес									
	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-20	23-24	25-28
Среднесуточный прирост, г	800	750	700	700	650	600	500	500	400	400
Планируемая живая масса будущих коров при законченном росте, 500 – 600 кг	200-220	230-260	270-300	310-330	340-360	360-380	380-400	410-430	430-450	450-500

Кормление племенных бычков на основе плана их роста должно быть более обильным и обеспечивать их интенсивный рост, развитие и возможность использования для воспроизводства уже в возрасте 14 – 16 мес. Для этого им в молочный период скармливают больше, чем телкам, молока и концентрированных кормов.

Нормы кормления телок и нетелей при выращивании живой массой 500 – 600 кг приведены в табл.10.2.

Нормы кормления племенных бычков старше 6-месячного возраста, выращиваемых на племя, представлены в табл.10.3.

**Задание.** Составить рацион кормления для ремонтных телок на зимний период. Возраст их 11 – 12 мес, живая масса – 280 кг, среднесуточный прирост – 700 г. В рацион включить: сено тимopheевки, сенаж злаково-бобовых трав, силос многолетних трав, свеклу кормовую, дерть ячменную, дерть гороховую, премикс П-60-6м. Балансирование рациона провести по 17 показателям (см. табл.10.2).

Информация о питательности кормов дана в табл. 10.4.

Т а б л и ц а 10.2. Нормы кормления телок и нетелей при выращивании коров живой массой 500 – 600 кг, на 1 голову в сутки

Показатели	Единица измерения	Телки						Нетели				
		Возраст, мес										
		7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28
		Живая масса, кг										
		200-220	230-260	270-300	310-330	340-360	360-380	380-400	410-430	430-450	450-470	470-500
		Среднесуточный прирост, г										
		800	750	700	700	650	600	500	500	400	400	400
Сухое в-во	кг	6,3	7,0	7,1	7,4	7,7	8,0	8,2	8,5	8,8	8,9	9,1
Обм. энергия	МДж	44	52	55	59	63	65	69	72	76	79	83
КЕ		4,9	5,4	5,7	5,9	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4
КО	кгСВ/КЕ	1,285	1,296	1,246	1,254	1,242	1,250	1,242	1,250	1,257	1,236	1,230
Сыр. протеин	г	725	800	830	860	870	885	915	940	970	985	1050
Пер. протеин	г	470	520	540	560	565	575	590	610	630	640	680
Сыр. клетчатка	г	1320	1495	1560	1630	1695	1760	1810	1870	1935	1960	1985
Сахар	г	425	465	485	505	510	515	530	550	565	575	610
Крахмал	г	530	550	570	620	660	720	740	770	800	820	840
Соль	г	32	35	39	42	44	45	48	50	54	55	58
Кальций	г	39	43	46	50	52	54	57	65	68	69	71
Фосфор	г	27	28	29	32	34	35	38	40	44	45	49
Магний	г	14	16	18	20	21	22	23	25	27	28	29
Медь	мг	48	54	57	59	62	64	66	68	70	71	73
Кобальт	мг	3,9	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8	6,0
Каротин	мг	145	160	170	185	190	200	210	220	230	240	250
Витамин D	тыс. МЕ	2,9	3,4	3,9	4,4	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9	6,0	6,3
Витамин E	мг	240	270	285	295	310	320	330	340	350	355	365



**Т а б л и ц а 10.3. Нормы кормления бычков старше 6-месячного возраста, выращиваемых на племя,  
на 1 голову в сутки**

Показатели	Единица измерения	Среднесуточный прирост, г											
		800 – 850		900 – 950		1000 – 1100		800 – 850		900 – 950		1000 – 1100	
		Возраст, мес											
		9-10	11-12	9-10	11-12	9-10	11-12	13-14	15-16	13-14	15-16	13-14	15-16
Жив. масса	кг	280	330	285	340	305	365	380	428	396	451	429	495
Сухое в-во	кг	6,7	7,5	7,4	8,2	8,0	9,0	8,1	8,6	8,8	9,6	9,8	10,7
Обм. энерг.	МДж	65	72	72	80	80	89	78	83	86	93	97	106
КЕ		5,8	6,4	6,5	7,2	7,3	8,0	7,0	7,6	7,8	8,5	8,6	9,5
Сыр. прот.	г	938	1019	1054	1148	1195	1279	1100	1175	1228	1317	1355	1478
Пер. прот.	г	628,	690	708	778	803	880	716	775	796	867	903	968
Сыр. клетч.	г	1510	1670	1645	1800	1700	1860	1830	1930	1973	2125	1995	2200
Крахмал	г	820	905	923	1020	1050	1149	984	1068	1100	1198	1230	1350
Сахар	г	450	496	520	576	640	710	525	566	608	665	770	850
Сырой жир	г	180	205	210	230	240	260	215	228	235	255	280	295
Соль повар.	г	32	35	35	40	45	50	38	42	45	50	55	60
Кальций	г	42	46	48	52	55	60	50	55	56	60	65	70
Фосфор	г	28	31	32	35	35	38	34	36	38	41	41	45
Сера	г	18	20	20	22	24	26	22	24	24	26	28	30
Железо	мг	436	488	480	533	520	585	526	559	572	624	637	696
Медь	мг	67	75	74	82	80	90	81	86	88	96	98	107
Цинк	мг	268	300	303	336	320	360	324	344	361	394	392	428
Марганец	мг	400	450	440	490	480	540	486	516	530	576	588	642
Кобальт	мг	6,0	6,8	6,2	7,0	6,4	7,2	7,4	8,0	7,6	8,2	7,8	8,6
Иод	мг	2,6	3,0	3,6	3,2	3,6	4,0	3,2	3,4	3,5	3,8	4,4	4,7
Каротин	мг	160	175	170	190	200	220 J	190	210	210	230	240	260
Витамин D	тыс. МЕ	3,0	3,4	3,4	4,0	3,8	4,4	3,8	4,2	4,4	4,8	5,0	5,6
Витамин E	мг	180	202	207	230	260	290	220	232	246	269	330	380
КО	кгСВ/КЕ	1,155	1,172	1,138	1,139	1,096	1,125	1,187	1,132	1,126	1,129	1,140	1,126

Т а б л и ц а 10.4. Информация о питательности кормов

Показатели	Сено клеверо- тимофеечное	Сенаж многолет. боб.-злак. трав	Свекла полусахар.	Дерть ячменная	Шрот под- солнечник.	Комбикорм К-60-7	Вита- протеин	Премикс П-60-6 м
Сухое вещество, %	83	44,6	17,2	85	90,47	85	84,7	-
К.ед.	0,56	0,32	0,17	1,16	1,025	1,05	0,96	-
Обменная энергия, МДж	5,95	4,0	2,16	11,38	10,63	10,95	6,7	-
Сырой протеин, г	108	66,5	16	94,8	428	196	407	-
Переваримый протеин, г	57	39,1	13	69	386	150	387	-
Лизин,г	4	32	0,6	4,1	14,2	7	27	-
Сырой жир,г	20	8	1	15,6	19	26	27	-
Сырая клетчатка, г	244	142	11	40,9	143	56	70	-
Сахар, г	46	14	97	53,9	47,6	57	63,3	-
Крахмал, г	9	8	4	445	15,9	323	153	-
Кальций, г	8,1	33	0,5	1,87	3,65	5,2	4	-
Фосфор, г	3,6	0,97	0,5	4,58	12,2	8,9	7,2	-
Магний, г	4,3	1.18	0.2	1,0	635	1,5	-	-
Калий, г	8,9	5,6	4,3	4,71	6,35	8,0	-	-
Сера, г	1,4	1,43	0,3	1,3	3,97	1,9	-	-
Железо, мг	241	71	17	19,9	17,5	81	-	-
Медь, мг	6,3	3,6	1	3,11	23,8	13	636	1000
Цинк, мг	24	12,9	7	26	47,6	34	4631	7000
Марганец, мг	87	28	13	21	54	43	3083	2000
Кобальт, мг	0,05	0,05	0,01	0,051	0,52	1,25	9,6	170
Йод, мг	0,16	0,094	0,09	0,287	0,84	2,0	82	140
Каротин, мг	30	18	-	-	-	63	2903	5609
Витамин Е, мг	60	50	0,5	36	3	40	240	2500
Витамин Д, тыс. МЕ	0,3	0,09	-	-	-	3,2	128	320
КО, кг СВ/к.ед.	1,482	1,395	1,012	0,733	0,883	0,809	0,882	-
П.п. г/к.ед.	102	122	76	59,5	377	143	403	-
Сахар, г/к. ед.	82	41	570	46	46	54	66	-

Последовательность выполнения задания следующая:

1. Определяют нормы потребности (табл.10.2) и заносят их исходя из данных в бланк рациона.

2. Готовят информацию о питательности кормов.

3. Определяют структуру кормового рациона, для чего проводят группировку кормов: I группа – сено, сенаж, силос; II группа – свекла кормовая, дерть ячменная, дерть гороховая. Для каждой группы находят средний коэффициент объема, а также коэффициент объема нормы потребности. С помощью квадрата Пирсона определяют количество частей для распределения суточной нормы кормовых единиц для I и II группы кормов.

4. Проводят набор кормов в рационе в таком порядке, как это было сделано при выполнении задания 1 раздела 4.

5. Подсчитывают в рационе элементы питания и проводят добалансирование недостающих из них включением в рацион добавок.

Высокоудойные породы скота и скрещенные с ними породы требуют повышенного внимания, потому что правильное выращивание телок является основой высокого удоя.

Цель выращивания телок – это экономически выгодное получение крепких, здоровых племенных животных, кормление которых уже с рождения должно быть организовано таким образом, чтобы они, став коровами, могли потреблять большое количество объемистых кормов, необходимых для высоких удоев. Поэтому надо отходить от интенсивного выращивания, поскольку племенная телка должна получать корма, бедные энергией, но с необходимым содержанием белка, минеральных и активных веществ. Положительным является пастбищное содержание, потому что движения и солнечный свет приводят к образованию крепких мышц и костей, здоровых внутренних органов.

Но нельзя забывать о том, что телки до годовалого возраста не способны принимать столько объемистых кормов, сколько необходимо для обеспечения потребности их в питательных веществах для поддержания жизни и прироста массы тела. Поэтому им надо давать, кроме объемистых кормов, еще 1–2,5 кг комбикорма ежедневно. В кормлении надо использовать сено хорошего качества, потому что это положительно влияет не только на поддержание здоровой ферментации в рубце, но и еще на способность рубца принимать объемистые корма, а также на образование крепких костей.

В кормлении телок надо соблюдать правильные пропорции, поэтому их нельзя кормить ни интенсивно, ни экстенсивно.

В некоторых случаях бывает на практике, что стремятся выращивать телок как можно дешевле, потому что они не дают непосредственно продукцию. Но экстенсивное кормление имеет ряд недостатков, которые нельзя исправить позже.

Учитывая выше перечисленное, самым хорошим способом выращивания племенных телок является, если их кормят в начале выращи-

вания несколько интенсивно или нормально, а потом нормально или несколько умеренно.

Племенная телка должна так выращиваться, чтобы она отелилась в 26-месячном возрасте. Это значит, что телок так надо кормить, как это характерно для данного возраста.

В табл. 10.5 приведено ожидаемое потребление сухого вещества телками с разной массой тела.

**Т а б л и ц а 10.5. Ожидаемое потребление сухого вещества телками с разной массой тела**

Масса тела, кг	Потребление сухого вещества, кг ( $\pm 0,5$ )
150	4,0
200	5,0
250	6,0
300	6,9
350	7,8
400	8,3
450	8,8
500	9,3
550	9,9
600	10,2

Необходимо помнить, что чистокровные голштино-фризские телки способны потреблять сухого вещества на 5–10% больше, чем обычные. В их рационе должно быть как можно больше сена хорошего качества (лугового и бобового), а также сочных кормов, например, силоса из кукурузы и кормовой свеклы.

Рацион телок моложе года должен содержать 2 – 3 кг сена, 1 – 2 кг комбикорма и объемистые корма. Потребность в протеине должна удовлетворяться из натурального источника – протеина, непротеиновым азотом может обеспечиваться не более 20% потребности.

При кормлении телок в первые шесть месяцев стельности не надо отдельно учитывать потребность в питательных веществах для развития плода, потому что в этот период корма лучше используются. Обеспечение минеральными веществами и витаминами должно удовлетворять нормативные требования. После шестого месяца стельности надо учитывать потребность в питательных веществах, идущих на развитие плода. Поэтому с этого времени, в зависимости от упитанности, может быть обосновано скармливание 3–5 кг комбикорма в день, но непосредственно перед отелом нетелей надо кормить, так как и коров.

## **11. МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ПОЛНОЦЕННЫХ РАЦИОНОВ**

### **11.1. Приемы балансирования рационов кормления сельскохозяйственных животных без использования специального программного обеспечения.**

При составлении рационов кормления одной из основных задач является балансирование их по переваримому протеину и обменной энергии. Согласно требованиям к рационам для жвачных животных, дефицит белка не должен быть больше 25 – 30 г. Избыточность рациона по этому показателю также нежелательна, так как приводит не только к необоснованному расходу белковых кормов, но и создает дополнительное напряжение обмена веществ, и даже, может привести к заболеваниям животных.

Что касается обеспеченности обменной энергии или кормовыми единицами, то не допускается значительное отклонение от величины, рекомендуемой научно обоснованными нормами. Избыток по к.ед. может составлять не более 0,2 – 0,3 кормовые единицы в сутки.

При составлении рационов, как правило, ориентируются на так называемый «типовой рацион». Это рацион, который в наибольшей степени соответствует оптимальному питанию в конкретной экономической-климатической зоне, с учетом породных особенностей животных, их продуктивности, качественного и количественного состава кормов. При выборе расчетного рациона, структура типового рациона берется за основу, но при этом делается поправка на соотношение основных видов кормов с учетом реального их запаса в хозяйстве, обеспеченности концентратами и наличии белковых кормов и добавок. Реальные рационы, составленные с учетом рекомендуемой для данного региона структурой, могут иметь серьезные недостатки с точки зрения теории нормированного кормления. В зависимости от качества объемистых кормов и фуражного зерна, недостаток переваримого протеина может достигать 30% и более.

Проблема составления рационов возникает только в случае отсутствия компьютера и программы оптимизации кормосмесей, разработанной на кафедре кормления с.-х. животных БГСХА. В хозяйствах республики часто нет компьютеров, но в еще большей степени – специалистов, готовых к работе с ними. Для этого требуется дополнительная подготовка в объеме не менее 25-30 часов. Этого времени до-

статочно для обучения человека, владеющего основами информатики на уровне пользователя технологии Microsoft Office. Если же специалисты в области животноводства не изучали информатику и вычислительную технику вообще (это относится к выпускникам прошедшего десятилетия), то затраты времени на обучение существенно возрастут.

В подготовке дипломного проекта по кормлению сельскохозяйственных животных на одноименной кафедре, студенты часто испытывают трудности в изучении механизма балансирования рациона путем изменения количества белковых кормов и добавок, используя правило «квадрата Пирсона». Существуют и другие, достаточно простые в изучении методы, решения этой задачи. Рассмотрим некоторые, наиболее доступные из них.

### **11.1.1 Балансирование рациона по протеину посредством составления и решения систем линейных уравнений.**

Эта задача относится к задачам на смеси из курса математики средней школы. Решение ее в нашем случае состоит из нескольких этапов:

1. Устанавливаем потребность животного (норму) в энергии и необходимых питательных веществах (в нашем случае определяем потребность в переваримом протеине) зависимость от живой массы, физиологического состояния, уровня и качества продукции.

2. Определяем структуру составляемого рациона, ориентируясь на типовой рацион с учетом наличия кормов в хозяйстве.

3. Рассчитываем количество натуральных кормов, соответственно соотношению их в рационе по питательности. Желательно иметь фактические данные о питательности кормов по результатам анализов кормовой лаборатории. При отсутствии такой информации, можно воспользоваться усредненными данными кормовых таблиц, имеющих в любом справочнике по кормлению.

4. Находим поступление с кормами переваримого протеина, умножив их количество на содержание этого вещества в 1 килограмме натурального корма.

5. Складываем поступление кормовых единиц и протеина со всеми кормами и сопоставляем результат с потребностью.

6. Если поступление веществ с кормами соответствует норме, или отличается незначительно, то задача балансирования упраздняется. Однако, чаще всего, при достаточном поступлении энергии, имеет место значительный дефицит белка – в этом случае его необходимо устранить. Введение в рацион дополнительного количества белкового

корма приводит к избыточному поступлению энергии (к.ед.), что допустимо только в том случае, когда избыток не превышает 0,2-0,3 кормовые единицы. Иначе – следует заменить часть какого-либо корма с низким содержанием протеина на белковый корм или добавку.

Остановимся более подробно на этом фрагменте расчетов. Рассмотрим механизм замены кормов.

Как правило, при недостатке протеина в основных кормах рациона, его восполняют добавкой зерна бобовых культур, или отходов маслоэкстрактного производства, таких как жмыхи и шроты. Причем, поскольку эти корма относятся к концентратам, вводят их в рацион за счет концентратной его части. Таким образом, удастся сохранить одну из основных характеристик рациона – соотношение объемистой и концентратной его частей. Это соотношение имеет исключительно важное значение, так как обеспечивает нормативную концентрацию энергии в сухом веществе, как наиважнейший фактор производства запланированного количества продукции.

Концентратная часть рациона, чаще всего представлена зерном злаковых культур (ячмень, овес, рожь, некоторые сорта пшеницы, кукуруза и др.), которое предварительно измельчается или подвергается другой обработке для повышения его доступности в желудочно-кишечном тракте. Некоторые приемы подготовки кормов к скармливанию незначительно повышают белковую полноценность, но чаще улучшают лишь доступность углеводной части зерна для микроорганизмов в рубце. Такая обработка практически не устраняет дефицит белка, если недостаток его значительный.

Рассмотрим механизм расчета замены части кормовой муки из зерна злаков на соевый шрот, содержание переваримого протеина в котором находится на уровне 400 г в 1 кг.

Прежде всего, следует определить - сколько кормовых единиц остается на концентрированные корма, с учетом заданной и рассчитанной нами ранее структуры рациона. Для этого надо вычесть из нормы по кормовым единицам поступление их с объемистыми кормами рациона.

Аналогичным образом определяем требуемое количество протеина, оставшееся на концентраты.

Например, остаток кормовых единиц составляет 5, а протеина – 650 г. Тогда, разделив протеин на кормовые единицы, получим:

$$650 / 5 = 130$$

Для получения такого соотношения в кормосмеси надо иметь корма с более высоким и более низким уровнем белка в расчете на кормо-

вую единицу. Так, в ячмене эта цифра равна 73, 9 (85 / 1,15), а в соевом шроте – 330,6 (400 / 1,21). Следовательно, такие ингредиенты вполне подходят для получения искомой смеси (табл.11.1).

Таблица 11.1. Исходные данные для определения смеси двух кормов

Показатели	Ячмень	Шрот	Кормосмесь
К.ед	1,15	1,21	5
ПП, г	85	400	650
Соотношение переваримого протеина и к.ед.	74	330	130

Обозначим количество ячменя через  $x$ , а количество шрота – через  $y$ .

Тогда можно определить взаимосвязи через систему линейных уравнений вида:

$$\begin{cases} 1,15x + 1,21y = 5 \\ 85x + 400y = 650 \end{cases}$$

Разделив второе уравнение на 85 получим

$$x + 4,71y = 7,65$$

Откуда можно выразить  $x$ :

$$x = 7,65 - 4,71y$$

Подставим полученное выражение в первое уравнение системы:

$$1,15 \cdot (7,65 - 4,71y) + 1,21y = 5$$

Раскрываем скобки:

$$8,8 - 5,42y + 1,21y = 5$$

Находим  $y$ :

$$-5,42y + 1,21y = 5 - 8,8$$

$$-4,21y = -3,8$$

$$y = -3,8 / -4,21$$

$$y = 0,903 \text{ (количество шрота, кг)}$$

Далее находим  $x$ , подставив значение  $y$  в первое уравнение:

$$1,15x + 1,21 \cdot 0,903 = 5$$

$$1,15x = 5 - 1,093$$

$$1,15x = 3,907$$

$$x = 3,907 / 1,15$$

$$x = 3,397 \text{ (количество ячменя, кг)}$$

Для проверки корректности решения можно подставить значения в исходные уравнения:

$$1,15 \cdot 3,397 + 1,21 \cdot 0,903 = 5$$



$$85 * 3,397 + 400 * 0,903 = 650$$

При расчетах легко выяснить, что оба равенства справедливы. Таким образом, при добавлении в рацион 3,973 кг ячменя и 0,903 кг соевого шрота, он будет сбалансирован как по кормовым единицам, так и по переваримому протеину. Определить это можно путем подстановки в исходные уравнения значений количеств кормов, как показано выше.

### 11.1.2 Балансирование рациона по протеину с помощью определителей.

Приведенные выше расчеты можно существенно упростить, используя методику из раздела высшей математики «Системы линейных уравнений, определители и матрицы». Изложим кратко теоретические аспекты этой методики.

Пусть дана система двух линейных уравнений с двумя неизвестными

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \end{cases} \quad (11.1)$$

Если  $a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \neq 0$ , система (11.1) имеет единственное решение:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{b_1a_{22} - b_2a_{12}}{a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}} \\ x_2 &= \frac{b_2a_{11} - b_1a_{21}}{a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}} \end{aligned} \quad (11.2)$$

Числитель и знаменатель в формулах (11.2) называют определителями (или детерминантами) второго порядка.

Определитель принято обозначать так:

$$a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$$

Числа  $a_{11}$ ,  $a_{12}$ ,  $a_{21}$ ,  $a_{23}$  называются элементами определителя. Элементы  $a_{11}$ ,  $a_{22}$  образуют главную диагональ определителя, а элементы  $a_{12}$ ,  $a_{21}$  – побочную.

Таким образом, определитель второго порядка равен разности между произведениями элементов на главной и побочной диагоналях.

Согласно введенному обозначению для определителей, формулы (11.2) принимают следующий вид:

$$x_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \\ a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$$

$$x_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \\ a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$$

Обозначив через  $\Delta$  главный определитель системы (11.1), а  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$  – дополнительные определители, стоящие в числителях соответственно первой и второй формул (11.3), будем иметь:

$$x_1 = \Delta x_1 / \Delta; \quad x_2 = \Delta x_2 / \Delta; \quad (11.5)$$

Заметим, что определители  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$  получаются из определителя  $\Delta$  системы путем замены соответственно его первого и второго столбцов – столбцом свободных членов системы (11.1).

Приведем пример расчета кормосмеси, балансирующей рацион, через вычисление определителей системы линейных уравнений.

Имеем систему линейных уравнений, составленную ранее:

$$\begin{cases} 1,15x + 1,21y = 5 \\ 85x + 400y = 650 \end{cases}$$

Тогда главный определитель системы ( $\Delta$ ) записывается как:

$$\begin{vmatrix} 1,15 & 1,21 \\ 85 & 400 \end{vmatrix} = (1,15 * 400) - (1,21 * 85) = 357,15$$

Первый дополнительный определитель ( $\Delta x$ ):

$$\begin{vmatrix} 5 & 1,21 \\ 650 & 400 \end{vmatrix} = (5 * 400) - (1,21 * 650) = 1213,5$$

Второй дополнительный определитель ( $\Delta_y$ ):

$$\begin{vmatrix} 1,15 & 5 \\ 85 & 650 \end{vmatrix} = (1,15 * 650) - (5 * 85) = 322,5$$

Рассчитаем значения  $x$  и  $y$  с помощью определителей системы:

$$x = 1213,5 / 357,15$$

$$x = 3,397 \text{ (количество ячменя, кг)}$$

$$y = 322,5 / 357,5$$

$$y = 0,903 \text{ (количество шрота, кг)}$$

Таким образом, расчеты подтвердили справедливость принятой нами методики. Следует отметить, что на практике такая методика значительно эффективнее, чем способ решения системы, взятый из средней школы. Она, также, просто перекладывается в электронный формат, путем формального описания в терминах электронной таблицы, а при необходимости и на языке программирования высокого уровня.

### 11.1.3 Балансирование рациона по протеину и сахару с помощью определителей третьего порядка

В некоторых случаях требуется расчет смеси по трем параметрам ее качества. Такая задача также может решаться с помощью системы линейных уравнений. Рассмотрим пример составления кормосмеси, в которой необходимо привести в требуемое соответствие три показателя питательности: кормовые единицы, переваримый протеин и сахар. Допустим, необходимое количество кормовых единиц составляет 5, переваримого протеина – 650 г, сахара – 400 г. Для этого требуется введения третьего ингредиента смеси – полусахарной свеклы, так как она содержит значительное количество сахар (табл. 11.2).

Таблица 11.2 Исходные данные для определения смеси трех кормов

Показатели	Ячмень	Шрот	Свекла	Кормосмесь
К.ед	1,15	1,21	0,17	5
ПП, г	85	400	13	650

Сахара, г	54	95	97	400
Соотношение переваримого протеина и к.ед.	74	330		130
Соотношение сахара и к. ед.	47	78	570	80

Из таблицы видно, что предположительно такие корма подходят для получения искомой смеси, так как соотношение переваримого протеина и сахара с кормовыми единицами не выходит за пределы минимального и максимального содержания в кормах этих показателей. Для утверждения этого обстоятельства следует вычислить главный определитель системы, который не должен быть равен нулю. Ниже мы остановимся на этом более подробно.

Система из трех линейных уравнений с тремя неизвестными, в общем виде выглядит:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \end{cases}$$

Обозначив искомое количество ячменя через  $x_1$ , шрота –  $x_2$ , свеклы –  $x_3$ , запишем систему, определяющую взаимосвязи в нашей задаче:

$$\begin{cases} 1,15x_1 + 1,21x_2 + 0,17x_3 = 5 \\ 85x_1 + 400x_2 + 13x_3 = 650 \\ 54x_1 + 95x_2 + 97x_3 = 400 \end{cases}$$

Для решения этой системы используем определители третьего порядка, которым называется выражение:

$$\Delta = a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} + a_{21} \begin{vmatrix} a_{13} & a_{12} \\ a_{33} & a_{32} \end{vmatrix} + a_{31} \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{22} & a_{23} \end{vmatrix}$$

Принято обозначать определитель третьего порядка так:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} =$$

$$= a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{13}a_{22}a_{31} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33}$$

Для решения рассматриваемой системы требуется вычислить также дополнительные определители ( $\Delta x_1$ ,  $\Delta x_2$ ,  $\Delta x_3$ ), которые отличаются от главного только тем, что соответствующие столбцы заменяются столбцом свободных членов системы.

$$\begin{vmatrix} 1,15 & 1,21 & 0,17 \\ 85 & 400 & 13 \\ 54 & 95 & 97 \end{vmatrix} = 44620 + 849,42 + 1372,75 - 3672 - 9976,45 - 1420,25 = 31773,47$$

Теперь можно найти корни системы по правилу решения определителей третьего порядка:

$$x_1 = \Delta x_1 / \Delta = 101124 / 31773,47 = 3.181 \text{ (количество ячменя, кг)}$$

$$x_2 = \Delta x_2 / \Delta = 28625.5 / 31773,47 = 0.901 \text{ (количество шрота, кг)}$$

$$x_3 = \Delta x_3 / \Delta = 46693.5 / 31773,47 = 1.470 \text{ (количество свеклы, кг)}$$

Предлагаемый метод достаточно громоздок при использовании калькулятора ввиду большого количества вычислений. Вряд ли можно считать целесообразным использование такой методики для расчета рационов по количеству показателей больше трех.

#### **11.1.4 Балансирование рационов по нескольким показателям средствами встроенных функций электронной таблицы.**

Подобные вычисления, а также вычисления систем линейных уравнений с большим количеством переменных значительно проще реализовать в любой электронной таблице. Делается это посредством умножения обращенной матрицы коэффициентов на столбец свободных членов уравнений.

Покажем на примере расчета предыдущей кормосмеси возможности использования пакета электронных таблиц Excel.

После ввода матрицы коэффициентов в блоке A1:C3 и столбца значений правой части уравнений, следует использовать две встроенные функции массива, как показано на рисунке 11.1.

	A	B	C	D	E	F
1	1,15	1,21	0,17	5		=МУМНОЖ(МОБР(A1:C3);D1:D3)
2	85	400	13	650		=МУМНОЖ(МОБР(A1:C3);D1:D3)
3	54	95	97	400		=МУМНОЖ(МОБР(A1:C3);D1:D3)
4						
5						
6						

Рис. 11.1. Использование функций массива для решения системы линейных уравнений с тремя неизвестными

Функция МУМНОЖ возвращает произведение матриц (матрицы хранятся в массивах). Результатом является массив с таким же числом строк, как массив1 и с таким же числом столбцов, как массив2. Формат записи:

МУМНОЖ(массив1;массив2)

Количество столбцов аргумента массив1 должно быть таким же, как количество строк аргумента массив2, и оба массива должны содержать только числа. массив1 и массив2 могут быть заданы как интервалы, массивы констант или ссылки. Если хотя бы одна ячейка в аргументах пуста или содержит текст или если число столбцов в аргументе массив1 отличается от числа строк в аргументе массив2, то функция МУМНОЖ возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!.

Формулу в этом примере необходимо ввести как формулу массива. После ввода ее в ячейку F1 выделить диапазон F1:F3, начиная с ячейки, содержащей формулу. Нажать клавишу F2, а затем нажать клавиши CTRL+SHIFT+ENTER. Если формула не будет введена как формула массива, результат вычислений будет некорректен.

Функция МОБР возвращает обратную матрицу для матрицы, хранящейся в массиве. Формат записи:

МОБР(массив)

Аргумент массив – числовой массив с равным количеством строк и столбцов.

Массив может быть задан как диапазон ячеек, например A1:C3; как массив констант, например в нашем случае {1,15;1,21;0,17; 85;400;13; 54;95;97}; или как имя диапазона или массива. Если какая-либо из ячеек в массиве пуста или содержит текст, то функция МОБР возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!. МОБР также возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!, если массив имеет неравное число строк и столбцов.

Формулы, которые возвращают массивы, должны быть введены как формулы массива.

Обратные матрицы, как и определители, обычно используются для решения систем уравнений с несколькими неизвестными. Произведение матрицы на ее обратную — это единичная матрица, то есть квадратный массив, у которого диагональные элементы равны 1, а все остальные элементы равны нулю.

Не следует забывать о том, эту формулу необходимо ввести как формулу массива, то есть путем выделения блока ячеек и нажатия клавиши F2, а затем клавиш CTRL+SHIFT+ENTER. Иначе, результат вычислений будет некорректен.

После правильного ввода данных и формул получим результат, изображенный ниже (рис. 11.2):

	D1		f <sub>x</sub> 5			
	A	B	C	D	E	F
1	1,15	1,21	0,17	5		3,18266
2	85	400	13	650		0,90092
3	54	95	97	400		1,46958
4						
5						

Рис. 11.2. Использование функций массива

Значения в столбце F соответствуют решению задачи на составление кормосмеси из трех ингредиентов.

Посредством простейших вычислений с помощью встроенных функций массивов можно рассчитать и более сложные смеси. Рассмотрим смесь, состоящую из четырех ингредиентов, в которой требуется добиться необходимого соотношения между четырьмя параметрами. Для исследования возьмем те же корма и сено клеверотимофеевки среднего качества.

Все исходные данные занесем в электронную таблицу Excel, как и в предыдущем примере. Они займут блок B2:E5, Искомые соотношения показателей в смеси кормов занесем в блок F2:F5, формулы запишем в блок G2:G5, как показано на рисунке 11.3.

F7							
	A	B	C	D	E	F	G
1		Сено	Ячмень	Шрот	Свекла	Смесь	Состав
2	Корм, ед.	0,47	1,15	1,21	0,17	8	6,923
3	П. прот, г	58	85	400	13	850	3,163
4	Сахар, г	26	54	95	97	800	0,308
5	Каротин, мг	26	0	0	0	180	4,329

Рис. 11.3. Решение смеси из четырех ингредиентов

На рисунке отображены результаты расчетов в столбце G. Формулы же, записанные там, имеют вид:

=МУМНОЖ(МОБР(B2:E5);F2:F5)

=МУМНОЖ(МОБР(B2:E5);F2:F5)

=МУМНОЖ(МОБР(B2:E5);F2:F5)

=МУМНОЖ(МОБР(B2:E5);F2:F5)



## **11.2. Приемы балансирования рационов кормления сельскохозяйственных животных с использованием специального программного обеспечения.**

### **11.2.1 Составление рационов кормления сельскохозяйственных животных по программе для персонального компьютера «Рацион – рабочая тетрадь зоотехника».**

**Назначение и краткое описание функциональности программы.** Возможности электронных таблиц не исчерпываются решением систем линейных уравнений для составления рационов. Программа, разработанная на кафедре кормления сельскохозяйственных животных БГСХА, позволяет составлять рационы по основным показателям питательности с подключением минимального математического аппарата электронных таблиц, не прибегая к использованию встроенного языка программирования VBA.

Программа включает набор таблиц, в составе книги Microsoft Excel. Сюда входят три таблицы – **Рацион, Корма, Нормы**. Основная таблица (Рацион) занимает диапазон ячеек A1:J21, как показано на рисунке 11.4.

Таблица включает заголовок, шапку, строку определения нормы кормления, итоговую строку, строку соответствия норме всех питательных веществ и энергии, набранных в рационе. Основная часть таблицы – это расчетная зона. Здесь записаны все расчетные формулы, необходимые для составления рациона. От пользователя эти формулы скрыты, но они позволяют предельно упростить расчет.

В верхнем левом углу введено общее назначение задачи, из которого видно, что рацион составляется для дойных коров на зимний период. Эта ячейка доступна пользователю, и он может занести сюда любую информацию о выполняемой работе. На ход решения она не влияет, но рекомендуется всегда записывать наименование задания. Подобная информация может быть записана по любому адресу в первой строке и, таким образом, можно достаточно подробно характеризовать условия составления рациона. Сюда можно занести, например, сведения о ферме, название хозяйства и т.д. Если место недостаточно, то можно использовать также и вторую строку, за исключением ячейки A2.


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Среднесуточный рацион для дойных коров на зимний период									
2	Корова лакт. 500 кг 12 кг/сут.									
3	Корма	В рационе содержится								Структура, %
4		Колич. корма, кг	корм. ед.	сухого в-ва, кг	перевар. протеина, г	сахара, г	Ca, г	P, г	каротина, мг	
5	Требуется по норме		10,60	14,10	1060,00	955,00	73,00	51,00	475,00	100
6	Итого в рационе		10,68	13,98	1054	1001	87,8	42,3	616	101
7	+ - к норме		0,08	-0,12	-6	46	14,8	-8,7	141	0,8
8	Сено клеv.-тимоф.	4,00	1,60	3,36	216,08	120,05	24,01	12,00	100,04	15,1
9	Сенаж разнотравный	7,02	2,04	3,16	182,47	175,45	35,09	9,12	175,45	19,2
10	Силос кукурузный	17,01	3,40	4,25	272,21	102,08	20,42	6,81	340,26	32,1
11	Свекла кормовая	4,95	0,59	0,59	44,52	197,87	1,98	2,47		5,6
12	Свекла полусахарная	4,99	0,85	0,85	59,86	399,06	4,49	4,49		8
13	Ячмень+Овес(1:1)	2,00	2,20	1,76	278,61	6,01	1,80	7,42		20,8
14										
15										
16										
17										

Рис. 11.4. Электронная таблица **Рацион**.

Ячейка A2 недоступна для прямой записи. Сюда выводится заголовок кормовой нормы, выбранной в таблице **Нормы**. Здесь указана половозрастная группа, живая масса, и суточная продуктивность молока 4% жирности.

Ниже расположена шапка таблицы рациона по стандартной форме, в которой перечислены основные рассчитываемые показатели питательности. Наличие именно этих показателей не принципиально, так же как и очередность их. Можно расширить круг параметров и изменить их последовательность, но об этом будет сказано ниже. Шапка таблицы защищена от редактирования пользователем.

Следующие три строки (под номерами 5, 6 и 7) также недоступны для непосредственного занесения данных. В пятую строку автоматически записывается кормовая норма, при выборе ее в соответствующей таблице, о чем будет сказано далее. В шестой строке подбивается сумма питательных веществ, поступивших со всеми кормами, а в строке №7 – подсчитывается разность между суммой и суточной потребностью животного в кормовых единицах и питательных веществах. Если содержание веществ в рационе меньше нормы – значение отображается со знаком «минус» и красным цветом. Если потребление больше нормы – то черным цветом и без знака. Нулевые значения не отображаются. В крайнем правом столбце (J) под названием **Структура, %**

записана цифра 100, а по мере заполнения таблицы в строке. **Итого в рационе** цифра будет приближаться к этому значению и, в готовом варианте все 100% по питательности должны быть набраны.

Строки 8 – 21 содержат информацию о количестве кормов, их наименованиях и поступлении питательных веществ. Крайняя правая цифра показывает удельный вес каждого корма в процентах по питательности.

Для предотвращения избыточности цифрового и текстового материала, ячейки в расчетной части таблицы сконфигурированы таким образом, чтобы при отсутствии выбранного кормового средства строка выглядела свободной. Однако, там записаны формулы, обеспечивающие не только расчет заданных параметров, но и сокрытие не имеющей значения информации. Так например, в ячейке по адресу A8 записано:

=ЕСЛИ(ПУСТО(Корма!A8);"";Корма!A8)

Это означает, что если в зоне выбора кормов в соответствующей таблице ничего не задано, то в рационе будет отображаться пустая строка, в противном случае – значение ячейки A8 таблицы **Корма**. Это достигается путем проекции данных на главную таблицу из таблицы, где пользователь выбирает корма непосредственно. Аналогичный прием используется и в зоне расчетов. Так, ячейка B8 содержит формулу:

=ЕСЛИ(ИЛИ(Корма!\$C8<=0;\$C8<=0);"";\$C8/Корма!C8)

Она производит расчет количества в рационе сена клеверотимофеечного только в том случае, когда в графе «Кормовые единицы» по адресу C8 имеется значение больше нуля. Тогда для определения веса сена, количество кормовых единиц, отведенное на него, делится на питательность одного килограмма из соответствующей таблицы, проектируемой на таблицу рациона.

При составлении рациона по этой программе, пользователю дается возможность работать только со столбцом Структура, а все остальные выделения производятся автоматически.

**Последовательность составления рациона по программе «Рацион – рабочая тетрадь зоотехника».** Методику составления рациона рассмотрим на примере рациона, приведенного в методических указаниях по выполнению курсовой работы по кормлению сельскохозяйственных животных.

Пусть требуется составить рацион для дойной коровы живой массой 500 кг, среднесуточным удоем 12 литров молока 4% жирности на зимне-стойловый период. Показатели, учитываемые при составлении рациона: кормовые единицы, сухое вещество, переваримый протеин,

сахар, кальций, фосфор, каротин. Корма, рекомендуемые для включения в рацион: Сено клеверотимофеечное, сенаж разнотравный, силос кукурузный, свекла кормовая, свекла полусахарная, зерносмесь из ячменя и овса в соотношении 1:1.

Необходимо придерживаться следующей последовательности работы.

**1.Определить суточную норму.** Для этого перейти в лист электронной таблицы **Нормы**, щелчком по одноименному корешку электронной книги. Вид экрана представлен на рисунке 11.5.

Здесь представлена часть таблицы, в которой записаны нормы кормления животных. Первый столбец содержит информацию о том, для какого именно животного предназначена норма. Именно по этой записи она и выбирается. Таблица содержит длинный нормативный список, для навигации по которому следует использовать вертикальный скроллинг или поиск слова по образцу. Например, для нашего случая можно вызвать диалоговое окно поиска через сочетание клавиш Ctrl+F. На экране отобразится следующая конструкция (рис. 11.6).

	A	C	D	E	F	G	H	I	J
22	Нормативная база данных		Выбрать норму			Сбросить норму			
23	Норма	корм. ед.	сухого в-ва, кг	перевар. протеина, г	сахара, г	Са, г	Р, г	каротина, мг	Выбор *
24	Корова лакт. 500 кг 8 кг/сут.	8,6	12,3	820	645	57	39	345	
25	Корова лакт. 500 кг 10 кг/сут.	9,6	13,2	940	800	65	45	410	
26	Корова лакт. 500 кг 12 кг/сут.	10,6	14,1	1060	955	73	51	475 *	
27	Корова лакт. 500 кг 14 кг/сут.	11,6	14,9	1160	1045	81	57	520	
28	Корова лакт. 500 кг 16 кг/сут.	12,6	15,8	1260	1135	89	63	565	
29	Корова лакт. 500 кг 18 кг/сут.	13,6	16,5	1360	1225	97	69	610	
30	Корова лакт. 500 кг 20 кг/сут.	14,6	17,2	1460	1315	105	75	655	
31	Корова лакт. 500 кг 22 кг/сут.	15,8	18,1	1625	1555	113	81	710	
32	Корова лакт. 500 кг 24 кг/сут.	17,1	19	1795	1795	121	87	770	

Рис. 11.5. Определение суточной нормы кормления.

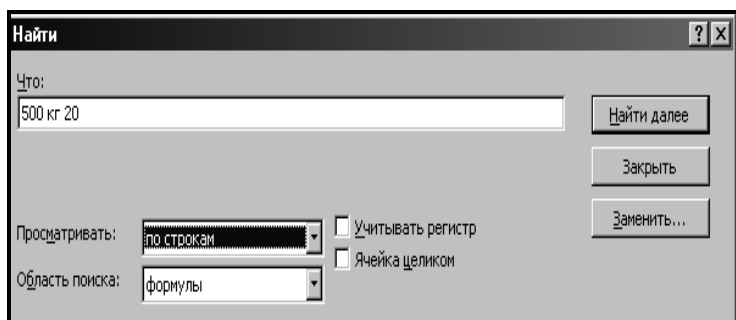


Рис. 11.6. Диалоговое окно поиска информации в электронной таблице **Нормы**.

В редактируемом поле ввода **Что:** достаточно ввести часть строки «Корова лакт. 500кг 12 кг/сут.» и нажать кнопку **Найти далее**. Активируется ячейка, в которой содержится указанная подстрока. Поиск можно производить как по строкам, так и по колонкам, а также допустимо сократить подстроку поиска до минимума, указав ее как «кг 20». Процедура также быстро отыщет искомую норму. Если же записать только цифру «20», то, в случае просмотра по строкам – будет найдена первая ячейка с этим значением, и она может оказаться вовсе не в интересующем нас столбце. В таком случае поиск производится по столбцам, и курсор (активная ячейка) должен находиться в столбце «Норма». Отыскав соответствующую норму кормления, следует ее пометить в столбце «Выбор», введя там символ звездочки (\*). Следует помнить, что ввод этого символа завершается нажатием клавиши Enter, а затем программную кнопку **Выбрать норму**, и только после этого суточная потребность будет перенесена в основную таблицу рациона. Убедиться в этом можно, перейдя в основную таблицу, где в ячейке A2 будет отображена строка из поля «Норма», а в строке «Требуется по норме» - цифры, соответствующие потребности животного в кормовых единицах и питательных веществах.

Для сброса выбранных значений достаточно щелкнуть мышкой по кнопке **Сбросить норму**. В этом случае будет не только очищено поле «Выбор», но и соответствующая строка в основной таблице рациона. В этом случае, очищается и ячейка A2 с информацией о том, для какого животного составляется рацион. Эту операцию можно выполнить после завершения составления рациона, или в случае ошибки при работе с нормативной таблицей. Другой способ коррекции выбора заключается в простом удалении маркера из поля выбора и занесением его в другой, правильно выбранной строке.

2. **Выбрать корма, которые предполагается использовать в рационе.** Для этого перейти в лист электронной таблицы **Корма** щелчком по одноименному корешку электронной книги. Вид экрана представлен на рисунке 11.7.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
22	База данных по кормам									
		Выбрать корма				Сбросить выбор				
23	Корма	Количество корма, кг	корм. ед.	сухого вещества, кг	перевар. протеина, г	сахара, г	Са, г	Р, г	каротина, мг	Выбор *
24	Сено клеv.-тимоф.	1	0,40	0,84	54	30	6,0	3,0	25*	
25	Сено злаковое	1	0,46	0,83	37	20	5,4	1,1	14	
26	Сенаж разнотравный	1	0,29	0,45	26	25	5,0	1,3	25*	
27	Сенаж вико-овсяный	1	0,32	0,45	38	22	2,8	1,4	30	
28	Силос кукурузный	1	0,2	0,25	16	6	1,2	0,4	20*	
29	Свекла кормовая	1	0,12	0,12	9	40	0,4	0,5	0*	
30	Свекла полусахарная	1	0,17	0,17	12	80	0,9	0,9	0*	
31	Злаковое пастбище	1	0,2	0,28	18	20	1,8	0,8	40	
32	Ячмень+Овес(1:1)	1	1,10	0,88	139	3	0,9	3,7	0*	

Рис. 11.7. Выбор кормов для составления рациона из электронной таблицы **Корма**.

Здесь представлена часть таблицы (включая ее заголовок), в которую занесена питательность кормов по основным показателям. Принципы работы с ней практически не отличаются от рассмотренных ранее. Но, в отличие от нормы, которая может быть выбрана только одна, здесь можно выбрать несколько кормов, как правило – не более пятнадцати. Из рисунка видно, какие корма помечены маркером для переноса в таблицу рациона. Это: сено клеверное, сенаж разнотравный, силос кукурузный, кормовая и полусахарная свекла, а также зерносмесь.

После установки маркера в столбце выбора, достаточно нажать кнопку **Выбрать корма** для переноса их в основную таблицу рациона. Отменяется выбор по кнопке **Сбросить выбор**. При этом удаляются метки выбранных кормов.

База данных по кормам может содержать практически неограниченное количество кормов (более 60 тысяч). Она доступна для редактирования пользователем. При этом можно дописывать новые корма, удалять те, которые уже использованы, изменять их питательность и местоположение в таблице. Рекомендуется сортировать корма в соответствии с их классификацией. Грубые корма заносятся в первую оче-

редь. Затем идут сочные и, наконец, концентрированные корма и добавки. При составлении рационов по фактическим данным, полученным на основании химического анализа в кормовой лаборатории, целесообразно заносить в таблицу корма с реально определенной питательностью.

Не всегда удобно пользоваться справочной базой данных, содержащей большое количество кормовых средств. Это осложняет навигацию и поиск необходимых кормов, а также приводит к ошибкам при выборе, если они расположены в разных частях таблицы. В этом случае рекомендуется отфильтровать базу данных, предварительно сохранив исходный ее вариант в отдельной книге электронной пакета электронных таблиц, или в книге рациона, создав предварительно резервный лист для хранения избыточной информации. Выбор способа хранения информации зависит от ее объема. Если справочник содержит большое число наименований (более ста), то лучше его хранить в отдельном файле, иначе программа составления рациона перегружается и для копирования готовых вариантов на гибкие носители, нуждается в предварительной упаковке.

Оптимальным вариантом хранения готовых сбалансированных рационов являются электронные книги формата Excel с небольшим количеством нормативной и справочной информации. Достаточный объем нормативной базы может составлять 30-40 записей, а справочника по кормам – 20-25 записей. В этом случае объем файла электронной книги составляет не более 70-80 Кб. Это позволяет разместить на гибком накопителе до двадцати электронных книг, т.е. готовых вариантов рационов при достаточном нормативном и справочном обеспечении. При необходимости, эти файлы можно упаковать любым доступным архиватором (например, ZIP), после чего размер их сокращается еще в 3-4 раза.

**3. *Определить структуру рациона.*** Перейти в лист Рацион щелчком на одноименном корешке электронной книги. Проверит правильность определения кормовой нормы и набора кормов, сделанных ранее. Наименования кормов должны появиться в столбце «Корма». В строке «Норма» отображаются значения, соответствующие суточной потребности, а в строке «+- к норме» - те же цифры, но красным цветом и со знаком минус. Строка «Итого в рационе» остается пустой до тех пор, пока не определена структура рациона.

Структура рациона определяется в столбце «Структура, %». По существу, это единственный столбец, доступный пользователю в таблице рациона. Все остальное – закрыто для редактирования. Опреде-

лим структуру рациона, соответственно примеру, рассматриваемому в методических указаниях по выполнению курсовой работы.

Занесем в ячейку J8 значение 15,1, что соответствует удельному весу сена клеверотимофеечного в рационе по кормовым единицам. Вся строка автоматически заполнится рассчитанными данными. Прежде всего рассчитывается количество кормовых единиц, которое приходится на сено(1,6) от суточной нормы (10,6). Далее, основываясь на питательности сена, определяется его физический вес в рационе (4 кг). Затем рассчитывается содержание всех питательных веществ в четырех килограммах сена и заносится в соответствующие ячейки. Строка «Итого в рационе» выглядит точно также как и строка с информацией о сене. Но по мере ввода других кормов, определяя их структуру, здесь будет накапливаться поступление в рацион питательных веществ. В строке «+- к норме» отобразится разность между потребностью и поступлением питательных веществ. В данном случае она имеет следующие значения: кормовых единиц –9, сухого вещества –10,44, переваримого протеина –844, сахара –835, кальция –40, фосфора –39, каротина –375.

Перейдем в ячейку J9. Запишем значение 19,2. Автоматически рассчитается поступление питательных веществ с сенажом разнотравным. Также будет выведена сумма всех веществ в рационе и степень соответствия их норме.

Аналогичным образом определяем удельный вес всех остальных кормов. В ячейках J6 и J7 отображается – сколько уже процентов набрано, и сколько не хватает до ста. После того, как вся структура определена, можно сделать анализ первого варианта рациона. При этом необходимо помнить, что не должно быть существенных расхождений по всем нормируемым показателям.

По сути дела, составление рациона, используя предлагаемую программу, сводится к работе со столбцом «Структура». Первый вариант расчета основан на структуре, рекомендуемой для конкретной экономико-климатической зоны (типовой рацион) с учетом кормовой базы хозяйства. Для обеспечения нормативного потребления питательных веществ, как правило, первый вариант приходится перестраивать, добиваясь удовлетворительного результата, соответствующего существующим требованиям. При наличии опыта работы с программой, нормальный вариант можно получить уже через несколько итераций. В любом случае, учитывая скорость вычислений и отсутствие необходимости извлечения нормативной и справочной информации из учебников и таблиц, время составления рациона сокращается многократно.



**4. Распечатка готового варианта рациона.** Этот этап может быть опущен, так как не относится к решению задачи непосредственно. Но если необходимо получить «твердую копию» на бумаге, то можно использовать один из предлагаемых ниже способов.

Самый простой вариант – распечатать таблицу из листа Excel. Для этого ее следует просмотреть через **Предварительный просмотр**, скорректировать, если это необходимо, через **Параметры страницы**, и, наконец, распечатать. Такая методика подходит для получения чернового документа, но не годится для подготовки таблицы в курсовой работе, поскольку здесь надо иметь возможность гибкого управления всеми атрибутами получаемого документа.

На этот случай можно воспользоваться программой Word, после предварительного копирования рассчитанной электронной таблицы. Для этого достаточно выделить ее, удерживая левую кнопку мыши, затем скопировать любым доступным образом, и вставить в документ Word, предварительно открыв его. Средствами текстового редактора можно добиться качественного представления документа в соответствии с требованиями, предъявляемыми к нему. Последовательность и детали такой процедуры мы не будем рассматривать здесь, так как это относится к начальной стадии изучения информатики, которую студенты отрабатывают на кафедре информатики и вычислительной техники.

**5. Сохранение модели рациона в долгосрочной памяти компьютера.** Такая необходимость может возникнуть в нескольких случаях. Главным образом – это нужно для доработки отложенных заданий, или для возможности использования решения аналогичных рационов, незначительно отличающихся от существующего варианта.

Сохранять можно как электронную книгу целиком, так и отдельные ее страницы. Методику сохранения и копирования файлов мы не рассматриваем, но не следует забывать о необходимости структурирования информации на жестком накопителе. Лучше, если рационы по каждой половозрастной группе хранятся в отдельной, специально созданной папке с соответствующим названием. Варианты кормления летнего и зимнего периодов, также хранятся отдельно. Имена файлов, по возможности, должны соответствовать сущности выполняемой работы и определяться по правилам формирования файловых имен.

При использовании общественных компьютерных классов и лабораторий, в которых каждый компьютер доступен многим пользователям, для защиты данных целесообразно хранить их на дискетах или компакт-дисках. При незначительном объеме дискеты, файлы лучше

хранить в упакованном виде для существенного уменьшения их объема.

### **11.2.2. Выбор оптимального варианта рациона средствами табличного процессора.**

**Построение экономико-математической модели рациона.** Оптимизация рациона относится к достаточно трудоемким и сложным для понимания работниками сельского хозяйства задачам из области высшей математики. Существующие алгоритмы ее решения отличаются инвариантностью и многообразием деталей и тонкостей, изучение которых приводит в уныние даже искушенных математиков и требует длительного изучения. Опыт многолетней практики в работе со студентами не инженерных специальностей показывает, расчеты в большинстве случаев остаются без результата и, самое печальное – все это отталкивает специалистов от полезной и нужной области знаний.

Современное программное обеспечение для персонального компьютера позволяет полностью избавиться от «математической начинки» при выборе оптимального состава кормов в рационе, но ни в коей мере не снижает роль человека в управлении решением, без которого обойтись невозможно. Управлять решением должен специалист в области кормления и технологии кормов. Краеугольным камнем, определяющим успех этого дела, является хорошее понимание физиологии животных, их потребности в питательных веществах, знание особенностей кормления животных в рамках конкретных половозрастных групп, с учетом фактической кормовой базы.

Исключительно важно подчеркнуть, что рассматриваемое здесь программное обеспечение окажется совершенно бесполезным для людей далеких от понимания науки о кормлении животных. Для сведущих же в этой области знаний следует ознакомиться с вопросами составления математических моделей рационов и приемами решения их на персональном компьютере.

Прежде всего, необходимо представить рацион как математическую оптимизационную модель, состоящую из системы уравнений и неравенств, подчиненную какой-либо целевой функции, записывающейся следующим образом:

$$Z_{\max(\min)} = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

При условиях:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3n}x_n \geq b_3$$

$$\dots\dots\dots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

причем  $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$

Это общая форма записи оптимизационной модели. Здесь присутствуют следующие обозначения:

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – переменные, или корни оптимизируемой системы, которые в конечном итоге и являются ее решением. Применительно к проектированию рациона – это ни что иное, как количества разных кормов в рационе;

$n$  – количество переменных. В нашем случае – количество всех кормов в рационе (наименований);

$m$  – количество ограничений – количество показателей питательности, которое учитывается при составлении рациона;

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{mn}$  – коэффициенты, или качественные характеристики кормов. Имеется в виду содержание в единице корма жизненно важных питательных веществ и энергии;

$c_1, c_2, \dots, c_n$  – критерий оптимизации. В простейшем случае – это стоимость каждого корма (за единицу веса). В этом случае ставится задача получить наиболее дешевый рацион. Однако, в последнее время этот критерий утратил свою значимость, так как в большинстве случаев, качественный рацион экономически оправдывается прибавкой продукции. Все большее значение приобретает главный показатель качества кормления – концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона. Задачу решают так, чтобы получить максимум концентрации энергии при заданном наборе кормов и ограничений;

$b_1, b_2, \dots, b_m$  – ограничения, которые выражают потребность животного в необходимых для обеспечения здоровья и заданного количества продукции факторах питания. Они определяются научно обоснованными нормами кормления.

Такова система основных ограничений. Они выражают условия по балансу питательных веществ. С точки зрения физиологии питания, различные группы кормов должны быть в определенном соотношении. Причем каждый вид корма скармливается в допустимых пределах. А это означает, что необходимо и в модели определить нижние и верхние границы содержания отдельных видов кормов в рационе. Их нужно задать таким образом, чтобы содержание каждого вида корма могло изменяться в пределах этих границ. Такие условия описываются дополнительными ограничениями. Они имеют важное значение в формировании практического решения. Во избежание несовместности

системы, сумма процентов по нижней границе содержания отдельных видов кормов не должна быть меньше 100%, а по верхней границе – больше 100%. Чем шире «коридор» скармливания каждого из кормовых средств, тем больше возможности для выбора наилучшего, с точки зрения поставленной цели, решения.

Дополнительные ограничения могут предоставить гораздо больше возможностей в решении задачи, чем задание нижних и верхних пределов включения кормов в рацион. Здесь можно определить и наиболее важные соотношения между группами кормов, отдельными питательными веществами, а также включить достаточно сложные формулы, регламентирующие основные параметры рациона. На следующем примере мы рассмотрим все возможные варианты решения или не решения задач, настройку программы, и разберем системные сообщения, выводимые на монитор в ходе решения.

**Решение модели простой кормосмеси.** Рассмотрим простейший пример определения модели рациона, оформления ее в электронной таблице и решения средствами стандартной процедуры оптимизации. Упрощение предлагаемой задачи имеет целью отработать основные моменты реализации рассматриваемой методики. Возьмем пример из таблицы 1, который имеет целью рассчитать кормосмесь из двух кормов по двум показателям – кормовым единицам и переваримому протеину.

Определим модель такой смеси в общем виде:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

Здесь  $x_1$  и  $x_2$  – искомые величины количества кормов в их смеси. За  $x_1$  примем количество ячменя, за  $x_2$  – количество соевого шрота. Коэффициенты  $a_{11}$  и  $a_{12}$  – это содержание кормовых единиц в указанных кормах,  $a_{21}$  и  $a_{22}$  – соответственно содержание переваримого протеина. Тогда модель смеси запишем как:

$$1,15x_1 + 1,21x_2 = 5$$

$$85x_1 + 400x_2 = 650$$

В электронной таблице это можно записать как показано на рисунке 11.8

	A	B	C	D
1		Ячмень	Шрот	Смесь
2	К.ед	1,15	1,21	5
3	Протеин, г	85	400	650
4				
5	Кол-во, кг	1	1	
6				
7	К.ед	=B2*B\$5	=C2*C\$5	=СУММ(B7:C7)
8	Протеин, г	=B3*B\$5	=C3*C\$5	=СУММ(B8:C8)

Рис. 11.8. Простейшая модель рациона из двух кормов

Первое ограничение по кормовым единицам представлено как сумма произведений количеств кормов в ячейках B5:C5 на содержание в них кормовых единиц, записанных в ячейках B2:C2. Второе ограничение – сумма произведений количеств кормов в ячейках B5:C5 на содержание в них переваримого протеина, записанного в ячейках B3:C3. Смысл решения этой задачи на компьютере заключается в том, что программа должна подобрать такие неотрицательные значения количеств кормов в ячейках B5:C5, чтобы уравнения, входящие в модель, стали справедливыми. Их значения должны быть такими, чтобы получить равенство ячеек:

$$D7 = D2; \quad D8 = D3.$$

Такое решение находится посредством программы **Поиск решения**, которая вызывается через меню **Сервис – Поиск решения**. Диалоговое окно программы показано на следующем рисунке (рис. 11.9).

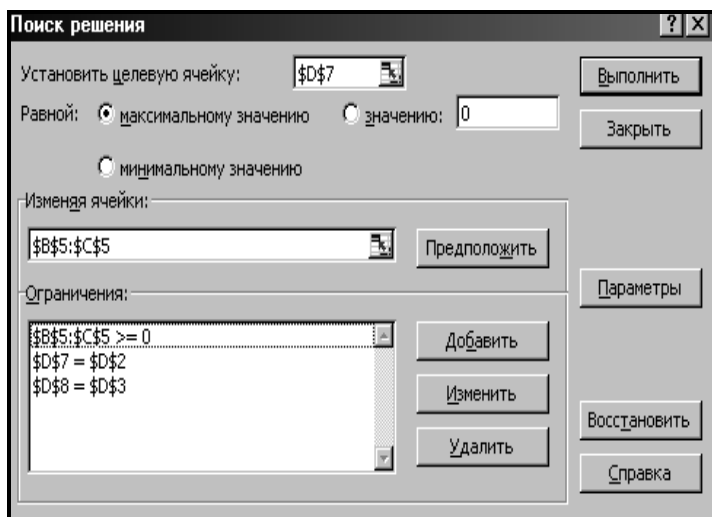


Рис. 11.9. Диалоговое окно надстройки **Поиск решений**.

Диалоговое окно представляет собой сложную конструкцию, обеспечивающую управление решением задачи оптимизации. Первый элемент этой конструкции – поле ввода адреса целевой ячейки (**Установить целевую ячейку**), представленное элементом **RefEdit**, который позволяет указать адрес без непосредственной записи его, а щелчком мыши на ячейке с целевой функцией. В нашем примере – это ячейка D7, содержащая сумму кормовых единиц, которая установлена на максимум. В этой задаче не столь важно, что именно принять за критерий оптимизации. Здесь не учитывается ни стоимость кормов, ни концентрация энергии в рационе. Поэтому с равным успехом можно задать целевую ячейку с суммой переваримого протеина. В более сложных задачах такое упрощение не всегда допустимо, в чем мы сможем убедиться при дальнейшем рассмотрении возможностей программы.

Следующий элемент диалогового окна – уточнение критерия оптимизации. Можно заказать максимальное или минимальное значение целевой ячейки, а также установить ее равной некоторому конкретному значению. Реализовано это управляющим элементом **OptionButton**, который предоставляет возможность выбора единственного из трех альтернативных вариантов. Для этого достаточно щелчка мыши на любом из них. Выбранный вариант отображается точкой в поле выбора.

Ниже расположена конструкция **Изменяя ячейки**, реализованная элементом **RefEdit**, где надо указать ячейки, которые программа будет изменять для отыскания решения. Это ячейки B5:C5. Кнопка **Предположить** используется для автоматического поиска ячеек, влияющих на формулу, ссылка на которую дана в поле **Установить целевую ячейку**. Результат поиска отображается в поле **Изменяя ячейки**.

Следующая конструкция, именуемая **Ограничения**, представлена нередатируемым информационным окном, где отображаются заданные пользователем ограничения в виде непрерывного списка. Их нельзя вводить и редактировать непосредственно в этом поле. Такие процедуры осуществляются через специальные элементы диалогового окна, вызываемые программными кнопками правее информационного окна. Для добавления в систему ограничения служит кнопка **Добавить**, для удаления ограничения – кнопка **Удалить**, а для изменения существующего ограничения – кнопка **Изменить**. Для добавления и изменения ограничений предлагается специальный диалог, показанный на рисунке 11.10.

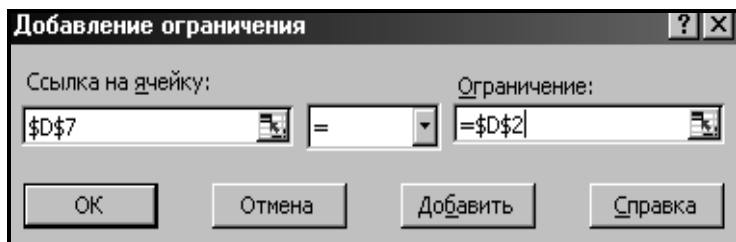


Рис. 11.10. Диалоговое окно создания и редактирования ограничений модели

Здесь показано диалоговое окно добавления нового ограничения. При вызове его соответствующей кнопкой, оно не заполнено. Первый элемент конструкции – **RefEdit** – позволяет указать адрес ячейки или ячеек, на которые накладывается текущее ограничение. В центре – список из возможных знаков ограничения, включающий знаки  $\leq$ ,  $\geq$ ,  $=$ , цел, двоич. Установить одно из этих значений можно открытием списка и щелчком мыши на соответствующем операторе. Третий элемент **Ограничение** представлен как **RefEdit** и служит для указания ячейки или ячеек содержащих ограничение. Здесь же можно ввести конкретное целочисленное значение ограничения. Дробные значения запрещены для непосредственного ввода в это поле, их надо вводить в ячейки таблицы, на которые устанавливается ссылка.

Формирование ограничения завершается нажатием кнопки **ОК**, отказ – нажатием кнопки **Отмена**. После этого произойдет возврат в диалоговое окно поиска решения с отображением нового ограничения. По кнопке **Добавить** возврата в основной диалог не происходит, а выдается запрос на формирование следующего ограничения.

Подобным образом нами было сформировано три ограничения, показанных на рисунке 9. Для удаления или изменения ограничения из списка, его необходимо сначала выбрать щелчком мыши, а затем выполнить действия, описанные выше. При изменении существующего ограничения, выводится диалоговое окно **Изменение ограничения**, которое отображается с уже заданным ограничением, а в остальном ничем не отличается от предыдущего.

После завершения формирования ограничений, следует нажать кнопку **Выполнить**, которая запустит математическую процедуру поиска решения. Если решение будет найдено, то выведется диалоговое окно **Результаты поиска решения**. Диалоговое окно **Результаты поиска решения** Используется для вывода итогового сообщения и найденного решения. В этом случае выводится «Решение найдено. Все ограничения условия оптимальности выполнены». Здесь же можно сохранить найденное решение. Эта опция служит для сохранения найденного решения во влияющих ячейках модели.

Если решение не найдено, или оно не удовлетворяет требованиям пользователя, то можно **Восстановить исходные значения**. Эта опция служит для восстановления исходных значений влияющих ячеек модели.

В конструкции **Тип отчета** можно указать какие отчеты требуется сформировать. Отчеты размещаются на отдельных электронных листах с соответствующими наименованиями. Возможно создание следующих типов отчетов:

1. **Результаты**. Используется для создания отчета, состоящего из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их исходных и конечных значений, а также формул ограничений и дополнительных сведений о наложенных ограничениях.

2. **Устойчивость** – для создания отчета, содержащего сведения о чувствительности решения к малым изменениям в формуле (поле **Установить целевую ячейку**, диалоговое окно **Поиск решения**) или в формулах ограничений. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. В случае нелинейных моделей отчет содержит данные для градиентов и множителей Лагранжа. В отчет по нелинейным моделям включаются ограниченные



затраты, фиктивные цены, объективный коэффициент (с некоторым допуском), а также диапазоны ограничений справа. В решении задачи района этот тип отчета существенного значения не имеет.

3. **Пределы** – для создания отчета, состоящего из целевой ячейки и списка влияющих ячеек модели, их значений, а также нижних и верхних границ. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. Нижним пределом является наименьшее значение, которое может содержать влияющая ячейка, в то время как значения остальных влияющих ячеек фиксированы и удовлетворяют наложенным ограничениям. Соответственно, верхним пределом называется наибольшее значение.

Кнопка **Сохранить сценарий** служит для отображения диалогового окна **Сохранение сценария**, в котором можно сохранить сценарий решения задачи, чтобы использовать его в дальнейшем с помощью диспетчера сценариев. В поле **Название сценария** диалогового окна **Сохранение сценария** вводится имя сценария, который следует сохранить нажатием кнопки **ОК**.

В итоге решения рассматриваемой нами задачи ячейки B5:C5 будут содержать значения 3,398 и 0,903, что соответствует количеству ячменя и шрота в смеси этих кормов.

Если же задача не имеет решения, то будет выведено соответствующее сообщение - **Оптимальное решение не найдено**.

Поиск решения может остановиться до достижения оптимального решения по следующим причинам:

1. Пользователь прервал процесс поиска.
2. Команда **Показывать результаты итераций** в диалоговом окне **Параметры Поиска решения** выбрана перед **Выполнить**.
3. Пользователь нажал кнопку **Стоп** в режиме пошагового выполнения итераций, по истечении времени, отведенного на работу процедуры, или после выполнения заданного числа итераций.
4. Установлен флажок **Линейная модель** в диалоговом окне **Параметры поиска решения**, в то время как решаемая задача не линейна. В задачах с рационом такое возможно, если ограничения описаны формулами с дополнительными ограничениями на искомые величины. Например, количество концентрированных кормов, помимо основных ограничений, приравнивается к некоторому конкретному значению.
5. Значение, заданное в поле **Установить** диалогового окна **Поиск решения**, неограниченно увеличивается или уменьшается. Тогда необходимо изменить значения полей **Максимальное время** или **Итерации** в диалоговом окне **Параметры поиска решения**.

В случае задач, значения в которых ограничены множеством целых чисел, необходимо уменьшить значение в поле **Допустимое отклонение** диалогового окна **Параметры поиска решения**, что позволит найти лучшее решение.

В случае нелинейных задач необходимо уменьшить значение в поле **Сходимость** диалогового окна **Параметры поиска решения**, что позволит продолжать поиск решения, когда значение в целевой ячейке изменяется медленно.

Необходимо установить флажок **Автоматическое масштабирование** в диалоговом окне **Параметры поиска решения**, если значения влияющих ячеек или значения влияющей и целевой ячеек различаются на несколько порядков.

Если задача не решается, то после остановки и отображения на экране диалогового окна **Результаты поиска решения**, установить переключатель в положение **Сохранить найденное решение** или **Восстановить исходные значения**, внести нужные изменения и запустить процедуру поиска решения снова.

При решении задач оптимизации в зависимости от результата могут выводиться следующие итоговые сообщения процедуры поиска решения:

Если поиск решения успешно завершен, в диалоговом окне **Результаты поиска решения** выводится одно из следующих сообщений:

1. Решение найдено. Все ограничения и условия оптимальности выполнены. Все ограничения соблюдены с точностью, установленной в диалоговом окне **Параметры поиска решения**, и найдено заданное значение целевой ячейки.

2. Поиск свелся к текущему решению. Все ограничения выполнены. Относительное изменение значения в целевой ячейке за последние пять итераций стало меньше установленного значения параметра **Сходимость** в диалоговом окне **Параметры поиска решения**. Чтобы найти более точное решение, можно установить меньшее значение параметра **Сходимость**, но это займет больше времени.

Если поиск не может найти оптимальное решение, в диалоговом окне **Результаты поиска решения** выводится одно из следующих сообщений:

1. Поиск не может улучшить текущее решение. Все ограничения выполнены. Это означает, что в процессе поиска решения нельзя найти такой набор значений влияющих ячеек, который был бы лучше текущего решения. Приблизительное решение найдено, но либо дальней-

шее уточнение невозможно, либо погрешность, заданная в диалоговом окне **Параметры поиска решения** слишком высока. Можно попробовать изменить погрешность на меньшее число и запустить процедуру поиска решения снова.

2. Поиск остановлен (истекло заданное на поиск время). Время, отпущенное на решение задачи, исчерпано, но достичь удовлетворительного решения не удалось. Чтобы при следующем запуске процедуры поиска решения не повторять выполненные вычисления, надо установить переключатель **Сохранить найденное решение** или **Сохранить сценарий**.

3. Поиск остановлен (достигнуто максимальное число итераций). Произведено разрешенное число итераций, но достичь удовлетворительного решения не удалось. Увеличение числа итераций может помочь, однако следует рассмотреть результаты, чтобы понять причины остановки. Чтобы при следующем запуске процедуры поиска решения не повторять выполненные вычисления, установите переключатель **Сохранить найденное решение** или нажмите кнопку **Сохранить сценарий**.

4. Значения целевой ячейки не сходятся. Значение целевой ячейки неограниченно увеличивается (или уменьшается), даже если все ограничения соблюдены. Возможно, следует в задаче снять одно ограничение или сразу несколько. Как правило, подобная ситуация возникает, если количество ограничений больше количества кормов. В этом случае решения может просто не существовать. Тогда надо изучить процесс расхождения решения, проверить ограничения и запустить задачу снова.

5. Поиск не может найти подходящего решения. В процессе поиска решения нельзя сделать итерацию, которая удовлетворяла бы всем ограничениям при заданной точности. Вероятно, ограничения противоречивы. Например, можно заказать программе столько протеина в рационе, сколько не может быть набрано при других ограничениях на корма. Рекомендуется исследовать лист на предмет возможных ошибок в формулах ограничений или в выборе ограничений.

6. Поиск остановлен по требованию пользователя. Нажата кнопка **Стоп** в диалоговом окне **Текущее состояние поиска решения** после прерывания поиска решения в процессе выполнения итераций.

7. Условия для линейной модели не удовлетворяются. Установлен флажок **Линейная модель**, однако итоговый пересчет порождает такие значения, которые не согласуются с линейной моделью. Это означает, что решение недействительно для данных формул листа. Чтобы

проверить линейность задачи, надо установить флажок **Автоматическое масштабирование** и повторно запустить задачу. Если это сообщение опять появится на экране, - снять флажок **Линейная модель** и снова запустить задачу.

8. При поиске решения обнаружено ошибочное значение в целевой ячейке или в ячейке ограничения. При пересчете значений ячеек обнаружена ошибка в одной формуле или в нескольких сразу. Следует внимательно проанализировать целевую ячейку или ячейку ограничения, порождающие ошибку, и изменить их формулы так, чтобы они возвращали подходящее числовое значение.

9. Набрано неверное имя или формула в окне **Добавить ограничение** или в окне **Изменить ограничение**, либо в поле **Ограничение** было задано целое или двоичное ограничение. Чтобы ограничить значения ячейки множеством целых чисел, выбрать оператор целого ограничения в списке условных операторов. Чтобы установить двоичное ограничение, выбрать оператор для двоичного ограничения.

10. Мало памяти для решения задачи. Система не смогла выделить память, необходимую для поиска решения. Закройте некоторые файлы или приложения, и попытайтесь снова выполнить процедуру поиска решения. В задачах с рационами при количестве кормов и ограничений не больше тридцати, такая ситуация возникает крайне редко. Она может возникнуть при работе с компьютерами, не имеющими достаточного количества оперативной памяти (менее 32 МБ). На более мощных компьютерах, в нашей практике работы с программой, такого не происходило.

11. Другой экземпляр Excel использует SOLVER.DLL. В практике такая ситуация встречается достаточно часто. Она возникает по причине неаккуратности пользователя. Он без необходимости запускает несколько копий Microsoft Excel, в одном из которых используется файл Solver.dll. Эта динамически связанная библиотека не может обслуживать несколько одновременно запущенных экземпляров электронных таблиц. Следует просто закрыть ненужные в данный момент программы.

Для полноты картины опишем возможности настройки программы **Поиск решения** через диалоговое окно **Параметры поиска решения**. Здесь можно изменять условия и варианты поиска решения для линейных и нелинейных задач, а также загружать и сохранять оптимизируемые модели. Значения и состояния элементов управления, используемые по умолчанию, подходят для решения большинства задач.

Диалоговое окно **Параметры поиска решения** показано на рисунке 11.11.

Параметры поиска решения

Максимальное время: 100 секунд

Предельное число итераций: 100

Относительная погрешность: 0,000001

Допустимое отклонение: 5 %

Сходимость: 0,0001

☒ Линейная модель ☐ Автоматическое масштабирование

☒ Неотрицательные значения ☐ Показывать результаты итераций

Оценки: ☒ линейная ☐ квадратичная

Разности: ☒ прямые ☐ центральные

Метод поиска: ☒ Ньютона ☐ сопряженных градиентов

ОК Отмена Загрузить модель... Сохранить модель... Справка

Рис. 11.11. Диалоговое окно Параметры поиска решения.

Здесь возможны следующие настройки программы.

**Максимальное время.** Служит для ограничения времени, отпускаемого на поиск решения задачи. В поле можно ввести время (в секундах) не превышающее 32767; значение 100, используемое по умолчанию, подходит для решения большинства простых задач.

**Предельное число итераций.** Служит для управления временем решения задачи, путем ограничения числа промежуточных вычислений. В поле можно ввести время (в секундах) не превышающее 32767; значение 100, используемое по умолчанию, подходит для решения большинства простых задач.

**Относительная погрешность.** Служит для задания точности, с которой определяется соответствие ячейки целевому значению или приближение к указанным границам. Поле должно содержать десятичную дробь от 0 (нуля) до 1. Чем больше десятичных знаков в зада-

ваемом числе, тем выше точность — например, число 0,0001 представлено с более высокой точностью, чем 0,01.

**Допустимое отклонение.** Служит для задания допуска на отклонение от оптимального решения, если множество значений влияющей ячейки ограничено множеством целых чисел. При указании большего допуска поиск решения заканчивается быстрее.

**Сходимость.** Когда относительное изменение значения в целевой ячейке за последние пять итераций становится меньше числа, указанного в поле Сходимость, поиск прекращается. Сходимость применяется только к нелинейным задачам, условием служит дробь из интервала от 0 (нуля) до 1. Лучшую сходимость характеризует большее количество десятичных знаков — например, 0,0001 соответствует меньшему относительному изменению по сравнению с 0,01. Лучшая сходимость требует больше времени на поиск оптимального решения. При расчетах рационов, высокая точность не требуется. Если задать значение 0,1, то отклонение по кормовым единицам, например, будет находиться в допустимых пределах. Напомним, что пределы эти варьируют от  $-0,3$  до  $+0,3$ . Относительно других показателей (переваримый протеин, сахар, микроэлементы и т.д.), даже такая точность окажется излишней.

**Линейная модель.** Служит для ускорения поиска решения линейной задачи оптимизации. В нашем случае следует обязательно установить этот флажок, так как значения количества кормов отрицательными быть не могут. В свою очередь, можно убрать ограничение неотрицательных значений кормов из основной системы ограничений.

**Показывать результаты итераций** — для приостановки поиска решения для просмотра результатов отдельных итераций.

**Автоматическое масштабирование** — для включения автоматической нормализации входных и выходных значений, качественно различающихся по величине — например, максимизация прибыли в процентах по отношению к вложениям, исчисляемым в миллионах рублей.

**Неотрицательные значения.** Позволяет установить нулевую нижнюю границу для тех влияющих ячеек, для которых она не была указана в поле **Ограничение** диалогового окна **Добавить ограничение**.

**Оценка.** Служит для указания метода экстраполяции — линейная или квадратичная — используемого для получения исходных оценок значений переменных в каждом одномерном поиске. Линейная — служит для использования линейной экстраполяции вдоль касательного вектора. Квадратичная — служит для использования квадратичной экс-

траполяции, которая даст лучшие результаты при решении нелинейных задач.

**Разности.** Предназначены для указания метода численного дифференцирования (прямые или центральные производные), который используется для вычисления частных производных целевых и ограничивающих функций. Прямые – используется в большинстве задач, где скорость изменения ограничений относительно невысока. Центральные – используется для функций, имеющих разрывную производную. Данный способ требует больше вычислений, однако его применение может быть оправданным, если выдается сообщение о том, что получить более точное решение не удастся.

**Метод поиска** – для выбора алгоритма оптимизации (метод Ньютона или сопряженных градиентов) – для указания направления поиска. Метод Ньютона – реализация квазиньютоновского метода, в котором запрашивается больше памяти, но выполняется меньше итераций, чем в методе сопряженных градиентов. Метод сопряженных градиентов – реализация метода сопряженных градиентов, в котором запрашивается меньше памяти, но выполняется больше итераций, чем в методе Ньютона. Данный метод следует использовать, если задача достаточно велика и необходимо экономить память, а также, если итерации дают слишком малое отличие в последовательных приближениях.

**Загрузить модель** – для отображения на экране диалогового окна **Загрузить модель**, в котором можно задать ссылку на область ячеек, содержащих загружаемую модель.

**Сохранить модель** – для задания ссылки на область ячеек, предназначенной для хранения модели оптимизации. Данный вариант предусмотрен для хранения на листе более одной модели оптимизации. Первая модель сохраняется автоматически.

Настройка программы требует хороших знаний и опыта, которые приобретаются в работе с задачами оптимизации. Многие вопросы, связанные с получением наилучших решений, с настройкой программы, устранение проблем невязок решения – нами недостаточно изучены, и требуют дополнительных исследований в этой области.

**Решение модели рациона по двум основным показателям.** Предыдущий пример – это простейший вариант использования процедуры выбора оптимального рациона. Он выбран для начального изучения возможностей программы. Рассмотрим задачу, приближенную к реальному рациону кормления лактирующей коровы.

Пусть требуется составить рацион для дойной коровы на зимне-стойловый период. Корма, использованные для этого: сено клеверотимофеечное, силос кукурузный, зерно ячменя и шрот подсолнечнико-

вый. Выбрать оптимальный вариант с учетом двух показателей – кормовых единиц и переваримого протеина. Потребность из расчета 20 килограммового суточного удоя и живой массы в 500 кг составляет 14,6 кормовых единиц и 1460 г переваримого протеина. Критерий оптимизации значения не имеет. Достаточно получить нормативное потребление по обозначенным параметрам при правильной структуре кормов. Тогда модель в электронной таблице выглядит так, как показано на рисунке 11.12. Здесь показана решенная модель при следующих ограничениях:

Сено – не больше 6 кг. ( $D9 \geq B9$  and  $D9 \leq C9$ )

Зерно – не больше 3 кг. ( $D11 \geq B11$  and  $D11 \leq C11$ )

Сумма кормовых единиц в рационе равна 14,6. ( $E7 = E6$ )

Сумма переваримого протеина в рационе равна 1460 г. ( $F7 = F6$ )

Значения количеств кормов – неотрицательны. ( $D9:D13 \geq 0$ )

Питательность кормов представлена в блоке I16:A19.

В остальном – модель определена по правилам, изложенным в предыдущем примере. Ячейки, содержащие искомые значения кормов – D9:D12.

Все ограничения выполнены. Для получения сбалансированного рациона требуется 5,973 кг сена, 41,297 кг кукурузного силоса, зерна ячменя требуется 2,903, шрота подсолнечного – 0,596 кг. В структуре рациона эти корма занимают соответственно – 16,36, 56,57, 22,87, и 4,2% соответственно.



	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Модель рациона кормления для дойной коровы</b>						
2	<b>массой 500 кг, с удоем 20 кг молока в сутки</b>						
3							
4		<b>Количество корма, кг</b>			<b>Содержится</b>		<b>Структура</b>
5	<b>Корма</b>	<b>Мин</b>	<b>Макс</b>	<b>Фактически</b>	<b>К. ед</b>	<b>Протеин,</b>	
6	Норма	☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼	14,60	1460	100
7	Содержится в рационе	☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼	14,60	1460	100
8	+ к норме	☼☼☼☼	☼☼☼☼	☼☼☼☼	0,00	0	0
9	Сено клеверо-тимофеечное	0	6	5,973	2,39	323	16,36
10	Силос кукурузный	0	100	41,297	8,26	661	56,57
11	Зерно (ячмень)	0	3	2,903	3,34	247	22,87
12	Шрот подсолнечниковый	0	100	0,596	0,61	230	4,20
13							
14	Таблица питательности						
15							
16	Сено клеверо-тимофеечное				0,40	54	
17	Силос кукурузный				0,20	16	
18	Зерно (ячмень)				1,15	85	
19	Шрот подсолнечниковый				1,03	386	

Рис. 11.12. Модель рациона кормления коровы.

Блок ячеек B6:D8 – не заполняется. Точность отображения числовых значений можно изменить путем форматирования ячейки или блока ячеек.

**Решение модели рациона по шести показателям.** Освоив методику составления рациона на простейших примерах, перейдем к решению этой задачи, определенной в соответствии с требованиями курсовой работы, изложенными в методических указаниях по ее выполнению. В качестве примера рассмотрим составление рациона, изображенного на рисунке 4, состоящего из нескольких кормов и балансируемого по шести показателям питательности. На рисунке 11.13 изображен фрагмент электронной таблицы, содержащей оптимальный, сбалансированный по всем показателям рацион.

При сравнительном анализе рациона, полученного ручным счетом и нашего – спроектированного средствами оптимизатора, выясняется целый ряд преимуществ компьютерного варианта. Для простоты изложения первый вариант назовем базовым, а второй – оптимальным.

Во-первых, степень сбалансированности оптимального рациона значительно выше. Кормовые единицы точно совпадают с потребно-

стью, так же как протеин и сахар. В базовом – не хватает 15 г протеина, а избыток сахара составляет 48г.

Во-вторых, оптимальный не столь избыточен по каротину (123 и 140 мг), а кормовых единиц в базовом варианте больше нормы на 0,15. Эти особенности существенными назвать нельзя, но сам факт подтверждает значительно более широкие возможности выбора смеси кормов.

В третьих, базовый вариант дефицитен по сухому веществу (–0,2 кг), а оптимальный лишь –0,1 кг.

Изучим последовательность выбора оптимального рациона по программе **Поиск решения**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Среднесуточный рацион для дойных коров на зимний период</b>										
2	<b>Корова лакт. 500 кг 12 кг/сут.</b>										
3	Корма	В рационе содержится								Мин кг	Макс кг
4		Колич корма кг	корм. ед.	сухого в-ва, кг	перевар. протеина г	сахара г	Са, г	Р, г	каротина мг		
5	Требуется по норме		10,60	14,10	1060	955	73	51	475		
6	Итого в рационе		10,60	14,00	1060	955	92	51	598		
7	+ - к норме		0,00	-0,10	0	0	19	0	123		
8	Сено клеv.-тимоф.	4,00	1,60	3,36	216	120	24	12	100	4	5
9	Сенаж разнотравный	8,85	2,57	3,98	230	221	44	12	221	7	100
10	Силос кукурузный	13,85	2,77	3,46	222	83	17	6	277	6	15
11	Свекла кормовая	6,00	0,72	0,72	54	240	2	3	0	3	6
12	Свекла полусахарная	3,55	0,60	0,60	43	284	3	3	0	3	6
13	Ячмень+Овес(1:1)	2,13	2,34	1,87	296	6	2	8	0	2	4
14	Динатрийфосфат	0,04	0,00	0,00	0	0	0	8	0	0	0,08

Рис. 11.13. Основная таблица программы оптимизации рациона по шести показателям питательности.

Электронная книга, содержащая эту программу, состоит из трех листов с наименованиями: **Рацион, Корма, Нормы**. Работа с последними двумя – совершенно не отличается от таковой при составлении рациона по программе «Рацион – рабочая тетрадь зоотехника». Эта методика подробно описана выше в соответствующем разделе. Точно так же следует выбрать норму кормления из нормативной таблицы и корма из базы данных по кормам. А вот работа с таблицей **Рацион** отличается принципиально. Пользователю доступны лишь два столбца – Минимальное и максимальное количество корма в рационе. Это

столбцы J и K. В начале работы первый из них содержит нули, а второй – 100. Если это не изменить, то рацион, скорее всего не будет отвечать требованиям, предъявляемым к его структуре. Но первый вариант желательно получить именно таким, чтобы убедиться в существовании решения. Надо понимать, что при низком качестве кормов и малом их ассортименте, решения может не существовать вообще.

Таблица рациона содержит зависимости, формально записанные в каждую ее ячейку. Для пользователя они не видны, но надо помнить, что запрещено изменять в таблице что-либо, кроме границ скормливания кормов. Так, графа наименований кормов содержит формулы:

=ЕСЛИ(ЕПУСТО(Корма!A8);"";Корма!A8)

=ЕСЛИ(ЕПУСТО(Корма!A9);"";Корма!A9)

=ЕСЛИ(ЕПУСТО(Корма!A10);"";Корма!A10)

Зона, расчета кормовых единиц содержит формулы:

=Корма!C8\*\$B8

=Корма!C9\*\$B9

=Корма!C10\*\$B10

Зона расчета основных показателей формально задана так:

=Корма!D8\*\$B8      =Корма!E8\*\$B8      =Корма!F8\*\$B8

=Корма!D9\*\$B9      =Корма!E9\*\$B9      =Корма!F9\*\$B9

=Корма!D10\*\$B10      =Корма!E10\*\$B10      =Корма!F10\*\$B10

Таким образом, цифровые данные считываются из специальной зоны таблицы, содержащей питательность кормов, куда они попадают после выполнения процедуры выборки их из базы данных.

Итак, выбрав норму и корма, надо вызвать диалог **Поиск решения** и внести туда следующую информацию:

1. Установить целевую ячейку в D6, указав, что она должна быть равна значению 14. Именно столько требуется сухого вещества. Выбор критерия оптимизации по сухому веществу обоснован, так как выравнивание этого показателя считается наиболее проблематичным. Сухого вещества, при данном составе кормов, не хватает. Невозможно установить значение 14,1. Поле ввода значения целевой ячейки не воспринимает дробные числа, также как и адрес, по которому его можно было бы записать. Вот почему произошло расхождение с нормой на 0,1 кг. Такое расхождение, применительно к обсуждаемому показателю, несущественно.

2. Указать блок ячеек, которые надо изменять (B8:B21). Этого хватает на 14 кормов, тогда как мы имеем только 8. Избыточность этого параметра, ни какой роли не играет. В случае добавления кормов в рацион из базы данных, эту установку изменять не придется.

### 3. Наложить ограничения на систему.

Основные:

- C6 = C5 (Равенство по кормовым единицам)
- E6 = E5 (Равенство по переваримому протеину)
- F6 = F5 (Равенство по сахару)
- G6 >= G5 (Кальция должно быть не меньше)
- H6 >= H5 (Фосфора должно быть не меньше)
- I6 >= I5 (Каротина должно быть не меньше)

Дополнительные:

- B8:B21 >= J8:J21 (все корма - больше либо равно минимальной границы скармливания)
- B8:B21 <= K8:K21 (все корма - меньше либо равно максимальной границы скармливания)

### 4. Перейти в диалог **Параметры поиска решения**, где установить:

Максимальное время	100 с
Предельное число итераций	100
Относительная погрешность	0,1
Допустимое отклонение	5%
Сходимость	0,1
Линейная модель	да
Неотрицательные значения	да
Оценки	линейные
Разности	прямые
Метод поиска	Ньютона.

Такой невысокой степени точности вполне достаточно для качественного решения. Установка неотрицательных значений избыточна, поскольку в дополнительной системе ограничений определено значение кормов больше минимума, где записаны нули.

5. Запустить расчетную процедуру по кнопке **Выполнить**. Если будет выведено сообщение о том, что решение найдено – сохранить его по соответствующей кнопке.

6. Сделать визуальный анализ первого варианта рациона. Наложить ограничения на количества кормов в рационе, определив границы их скармливания. Рекомендуется это делать постепенно, запуская расчетную процедуру после задания границ скармливания каждого корма. Это замедляет работу, но гарантирует возможность обнаружения точки, в которой может произойти невязка решения. Иными словами, если установить ограничения сразу на все корма, и система выдаст сообщение об отсутствии решения, то крайне проблематично будет определить, что именно сыграло в этом решающую роль.

Готовый рацион можно сохранить и распечатать на принтере, как было в случае с программой «Рацион – рабочая тетрадь зоотехника».

### 11.3. Решение рационов по специальной программе «Оптимизатор»

Задача выбора оптимального рациона может быть решена с помощью стандартной встроенной в Excel процедуры **Поиск решения**. Это одна из самых мощных возможностей решения задач, связанных с выбором решения и мы рассмотрели пример ее реализации как вариант составления рациона для курсовой работы по кормлению сельскохозяйственных животных.

Но эта программа имеет целый ряд недостатков, осложняющих и замедляющих работу пользователя, а именно:

1. Таблица рациона расписана для составления рационов по шести конкретным показателям – кормовые единицы, сухое вещество, переваримый протеин, сахар, кальций, фосфор и каротин. Если требуется добавить те или иные показатели, придется выполнить весьма сложную работу по их формальному описанию в таблице, а также изменить параметры диалога **Поиск решения**. Кроме того, модификации придется подвергнуть также таблицы с нормами и кормами. Это потребует обращения к справочникам и сопряжено с ошибками ввода и потерей времени.

2. Неудобно постоянно вызывать диалоговое окно программы для запуска поисковой процедуры, когда все остальные параметры остаются неизменными. Желательно иметь более короткий путь запуска этой процедуры.

3. Работа с диалоговым окном программы достаточно сложна для неискушенного пользователя. Желательно приспособить диалог именно для составления рационов.

4. При включение в систему большого числа ограничений, в соответствующем окне появляется скроллинг, затрудняющий восприятие информации в этом окне. Становится сложно ориентироваться – с какими именно параметрами связаны адреса ограничений.

5. Выбор критерия оптимальности затруднителен для пользователя, слабо ориентирующегося в сущности самой модели. Часто это является источником ошибок.

Все это привело нас к необходимости создания специальной программы для составления рационов. Эта программа создана и может

быть рекомендована для работы с рационами как альтернативный вариант рассмотренной ранее стандартной процедуры поиска решения.

Программа «Оптимизатор» разработана на кафедре кормления сельскохозяйственных животных БГСХА в период с 1996 по 2002 годы.

Программа предназначена для составления рационов и кормосмесей с учетом практически любого количества показателей питательности и с произвольным выбором целевой функции. В основу работы программы положен метод математической оптимизации, входящий в стандартную поставку пакета программ Microsoft-Office97.

Преимуществом программы перед аналогичными средствами составления рационов является возможность управления данными в пределах самой популярной электронной таблицы – Microsoft Excel, в рамках которой создан проект с использованием языка Visual Basic for Application. Пользователю доступны все средства редактирования и представления данных, предлагаемых офисной технологией. Проект включает набор программных модулей и набор таблиц, обеспечивающих удобное формирование и решение пользователем математической модели рациона. Процедура математической оптимизации заданной модели использована из стандартной библиотеки Solver.xla, определенным образом подключенной к проекту.

Ядро программы – математическая процедура оптимизации из указанной выше библиотеки функций, разработанных фирмой Microsoft в 1996-2002 годах. Исходные тексты этой библиотеки традиционно недоступны для модификации, однако доступны для создания приложений из языка программирования VBA.

Основой информационной системы является книга формата Excel, включающая три открытых листа, содержащих информацию о кормах, нормах кормления и расчетную таблицу, где формируется и решается оптимизируемая модель рациона. Эти листы имеют соответствующие названия: «Корма», «Нормы», «Рацион». Данные структурированы и определенным образом защищены от некорректного ввода пользователя. В случае необходимости (для опытных пользователей) защита может быть снята, и в этом случае вся ответственность за корректность вводимой и редактируемой информации ложится на пользователя.

Кроме информационной системы доступна управляющая конструкция, в виде формы, включающей элементы управления для создания модели и определения параметров ее решения. Сюда заложены следующие возможности:

- определение кормов участвующих в составлении рациона

- задание нормы кормления в зависимости от вида животных, живой массы, физиологического состояния и продуктивности
- выбор элементов питания, по которым проводится оптимизация
- выбор элементов питания по которым оптимизация не проводится, но с учетом которых производится расчет и сопоставление с нормой
- указание критерия оптимизации
- альтернативный выбор экстремума целевой функции (минимум-максимум).

Дополнительно возможно изменять опции процедуры решения (только для опытных пользователей), а именно:

- время расчета (от 10 до 32000 секунд)
- предельное количество итераций
- точность решения
- метод поиска (Ньютона или сопряженных градиентов)
- допустимое отклонение
- сходимость
- относительная погрешность
- и некоторые другие параметры.

После настройки программы и формирования модели пользователь переходит в таблицу и выбирает закладку «Рацион»

В электронной таблице «**Рацион**» пользователем для получения решения выполняются следующие действия:

- устанавливаются границы скармливания кормов
- запускает процедуру поиска оптимального варианта рациона
- корректирует решение через уточнения вторичной системы ограничений (Минимум-максимум)
- формирует отчет для распечатки готовой таблицы рациона.

При формировании модели рациона необходимо выполнить определенные действия в листах «Кома» и «Нормы».

В листе «Корма» возможны следующие операции:

- выбор кормов пометкой их в специальном столбце
- запись новых кормов, включая название и питательную ценность
- удаление израсходованных кормов, или неверно введенных
- редактирование информации о кормах и их питательности
- импорт кормов из других таблиц

- подготовка и распечатка данных о кормах с использованием средств фильтрации и организации отчетов Excell
- другие преобразования данных после снятия защиты (только для опытных пользователей).

В листе «Нормы» возможны следующие операции:

- выбор нормы кормления
- запись новых норм кормления если это необходимо
- удаление норм кормления
- редактирование норм кормления
- подготовка и распечатка данных о нормах кормления с использованием средств фильтрации и организации отчетов Excell
- другие преобразования данных после снятия защиты (только для опытных пользователей).

Таким образом, программа отличается достаточной гибкостью и универсальностью, обеспечивая решение задачи в соответствии с представлением специалиста о качестве рационов и кормосмесей. По существу, пользователи могут самостоятельно создавать базу данных по кормам и нормативам, выбирать корма, добавки и показатели питательности с учетом которых проводится оптимизация, управлять решением и настраивать отчеты для хранения и распечатки.

Требования, предъявляемые к пользователям программы «Оптимизатор» достаточно высоки.

Во-первых, надо в совершенстве владеть теорией кормления, и иметь четкие представления о методике расчета рационов в ручную, а также типах кормления различных животных и птицы. Это необходимо для получения рациона оптимального не только с точки зрения математической логики, но и с позиции физиологических особенностей тех животных, для которых проектируется система кормления.

Во-вторых, крайне желательно владение персональным компьютером на уровне пользователя, успешно прошедшего обучение на зооинженерном факультете по программе непрерывной компьютерной подготовки. Особо востребованными окажутся знания операционной системы и навыки работы с пакетом Microsoft Office.

Минимальные требования к аппаратной конфигурации компьютера заключаются в том, что должны быть обеспечены условия нормально-го функционирования операционной системы Windows-98 и выше. Как правило достаточно компьютера на базе микропроцессора Pentium-2 и 16 МБ оперативной памяти. Видеосистема и наличие периферийных устройств значения не имеют. На компьютере должен быть установлен пакет программ Microsoft Office 97-2000, объектная библиотека проце-



дур и функций Solver.xls и файл приложения Optimizer.xls формата книги Excel.

Для запуска программы достаточно выполнить приложение изнутри электронной таблицы, или любым другим доступным методом.

При нормальной загрузке программы, имеем книгу, состоящую из трех листов, как изложено ниже. Далее приводится набор фрагментов экранов демонстрационной версии программы, предназначенной для рекламы и приблизительного изучения основных возможностей. В демонстрационной версии жестко определены параметры оптимизации и качественные характеристики кормов, по которым проводится оптимизация. Это – кормовые единицы, переваримый протеин и сахар. Критерий оптимизации – максимум физиологически полезной энергии в рационе. Демо-версия ограничена также максимальным количеством кормов в рационе (не более 9), и показателей питательности (ровно 5). Перейдя в первый лист таблицы под названием «Рацион» мы видим следующее изображение (рис. 11.14):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Рацион кормления КРС							
2	Наименование корма	Мин	Макс	Колич	КЕД	ПП	Сах,г	Са,г	Р,г
3	НОРМА	*****	*****	*****	10	1000	950	94	45
4	ИТОГО	*****	*****	*****	0	0	0	0	0
5	КНОРМЕ+-	*****	*****	*****	-10	-1000	-950	-94	-45
6		0	100	0,00					
7		0	100	0,00					
8		0	100	0,00					
9		0	100	0,00					
10		0	100	0,00					
11		0	100	0,00					
12		0	100	0,00					
13		0	100	0,00					
14		0	100	0,00					
15									
16									
17		Рассчитать							
18									

Рис. 11.14. Таблица «Рацион» программы «Оптимизатор».

На рисунке представлен вид таблицы «Рацион» демонстрационной версии программы «Оптимизатор». Здесь показано исходное состояние таблицы, в которой не выбрано ни одного корма, установлена норма кормления на 10 кормовых единиц, 1000 г переваримого протеина, 900 г сахара, 94 г кальция и 45 г фосфора. В строке «итого» отоб-

ражены нули, в строке «к норме +/-» - отрицательные значения, соответствующие норме кормления. Столбец с наименованиями кормов пуст, также как и столбец «количество». В процессе решения, таблица будет заполняться таким образом, что суммарное количество каждого перечисленного показателя будет стремиться к нормативному, а издержки (степень несбалансированности) – к нулю. Границы скармливания кормов отображаются в двух смежных столбцах «Мин» и «Макс». Изначально их значения установлены в 0 и 100, что соответствует, по сути дела, отсутствию ограничений на скармливание кормов. В дальнейшем, пользователь самостоятельно может накладывать ограничения на минимальную и максимальную границы скармливания кормов, или задавать точно определенное их значение, что достигается равенством минимума и максимума. Можно, также принудительно исключать корма из кормосмеси, через введение нулей в оба столбца системы дополнительных ограничений. После выбора кормов и установки нормы кормления можно будет запустить процедуру оптимизации по командной кнопке «Рассчитать». Но пока не определены допустимые к скармливанию корма, необходимо перейти к базе данных по кормам, расположенной в следующем листе «Корма» (рис. 11.15). Для этого достаточно щелкнуть мышкой по соответствующему корешку электронной книги. Возврат к таблице рациона и переход к таблице с нормами производится аналогичным образом.

	A	D	E	F	G	H	I	J	K
14	База данных по кормам							Выбрать	
15									
16	Наименование корма	Кол-во,кг	К.ед.	ПП,г	Сах,г	Са,г	Р,г	Выбор	
17	Сено клеv.-тимоф.	1	0,47	53	26	7,60	2,50	*	
18	Сенаж разнотравный	1	0,29	23	23	4,90	1,30	*	
19	Сено злаково-боб	1	0,48	51	29	5,60	1,30		
20	Сенаж вико-овсяный	1	0,32	38	22	2,80	1,40		
21	Свекла кормовая	1	0,12	9	56	3,00	2,00	*	
22	Ячмень(зерно)	1	1,16	85	2	2,00	3,90	*	
23	Шрот соевый	1	1,21	318	95	2,70	6,60	*	
24	Комбикорм для кор. кб0-6	1	0,96	120	56	5,30	8,70		
25	Кукуруза желтая	1	1,33	73	40	0,50	5,20	*	

Рис. 11.15. Таблица «Корма» программы «Оптимизатор».

Размер списка кормов ограничивается размером таблицы и может приближаться к 64000 наименований. В демо-версии количество показателей питательности равно пяти, но в реальной программе оно увеличено до 24. В правом столбце, поименованном «Выбор» можно по-

метить корма, допускаемые к скармливанию знаком «\*». Здесь же можно изменить питательность кормов путем стандартных приемов редактирования, а также удалить ненужные корма, или добавить новые. Для добавления корма в базу данных надо просто дописать его название и ввести питательность по всем показателям в расчете на 1 кг натурального вещества. В этом случае ответственность за корректность ввода ложится на пользователя, так как данные не проверяются программно.

После завершения пометки кормов, выбранных для составления рациона, следует щелкнуть «мышкой» на командной кнопке «Выбрать», после чего произойдет реальное подключение выбранных кормов к подпрограмме составления рациона и они отобразятся в столбце «Наименование кормов» таблицы «Рацион».

	A	E	F	G	H	I	J
1	<b>Нормы кормления животных</b>						Выбрать
2	<b>Лактирующие коровы, массой 500 кг.</b>						
3	<b>Суточный удой 4% молока, кг</b>	<b>К.ед.</b>	<b>ПП,г</b>	<b>Сах,г</b>	<b>Са,г</b>	<b>Р,г</b>	<b>Выбор</b>
4	<b>10</b>	9,60	940	800	65,00	45,00	
5	<b>12</b>	10,60	1060	955	73,00	51,00 *	
6	<b>14</b>	11,60	1160	1045	81,00	57,00	
7	<b>16</b>	12,60	1260	1135	89,00	63,00	
8	<b>18</b>	13,60	1360	1225	97,00	69,00	
9	<b>20</b>	14,60	1460	1315	105,00	75,00	
10	<b>22</b>	15,80	1625	1555	113,00	81,00	
11	<b>24</b>	17,10	1795	1795	121,00	87,00	
12	<b>26</b>	18,40	1930	1930	129,00	93,00	

Рис. 11.16. Таблица «Нормы» программы «Оптимизатор».

Перенесение кормов из соответствующей таблицы в расчетную следует производить именно указанным способом. В противном случае корректность работы программы не гарантируется.

Перейдя в таблицу «Нормы» (Рис 11.16), следует выбрать сначала половозрастную группу животных, затем группу, объединенную живой массой, и, наконец, продуктивность, пометив выбранную норму знаком «\*». Следует учитывать, что норма, в отличие от кормов, может быть выбрана только одна, а в случае пометки двух или большего количества записей – учитываться будет только первая. Процесс выбора нормы завершается нажатием программной кнопки «Выбрать»

После завершения определения нормы кормления и кормов, допущенных к скармливанию, необходимо вернуться в основную расчетную таблицу, щелкнув мышкой на закладке «Рацион».

Не изменяя в этой таблице ничего, можно получить первый вариант решения, запустив процедуру оптимизации командной кнопкой «Рассчитать». Результат такого решения представлен на рисунке 11.17.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		<b>Рацион кормления КРС</b>							
2	Наименование корма	Мин	Макс	Колич	КЕД	ПП	Сах,г	Са,г	Р,г
3	НОРМА	*****	*****	*****	10,6	1060	955	73	51
4	ИТОГО	*****	*****	*****	10,6	1060	955	67	60
5	КНОРМЕ+-	*****	*****	*****	0	0	0	-6	9
6	Сено клеов.-тимоф.	0	100	2,32	1,09	123	60	18	6
7	Сенаж разнотравный	0	100	3,05	0,89	70	70	15	4
8	Свекла кормовая	0	100	9,26	1,11	83	519	28	19
9	Ячмень(зерно)	0	100	0,17	0,20	15	0	0	1
10	Шрот соевый	0	100	1,46	1,77	464	139	4	10
11	Кукуруза желтая	0	100	4,17	5,55	304	167	2	22
12		0	100	0,00					
13		0	100	0,00					
14		0	100	0,00					
15									
16									
17									
18	Рассчитать								

Рис. 11.17. Результат расчета первого варианта рациона по программе «Оптимизатор».

Из рисунка видно, что первый вариант расчета рациона нельзя считать удачным, поскольку структура рациона остается нетипичной для данного вида скота. Так, программа выбрала большое количество концентратов, при незначительном удельном весе сочных кормов. При этом основные элементы питательности, такие как кормовые единицы, переваримый протеин и сахар, оказались сбалансированными с точностью до грамма и поступление их соответствует норме. Этого, однако, недостаточно, и следующим шагом в получении оптимального решения, является наложение дополнительных ограничений на величину скармливания кормов. Поскольку не допускается большое количество шрота в рационе, можно указать максимальную его границу – 1 кг. Делается это непосредственно в таблице в графе «Максимум». Также можно изменить границы скармливания и других кормов. Ограничиваем сено до 7 кг, а ячмень – не менее 1 кг. Запускаем расчетную программу и получаем рацион, представленный на следующем рисунке 11.18.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Рацион кормления КРС</b>								
2	<b>Наименование корма</b>	<b>Мин</b>	<b>Макс</b>	<b>Колич</b>	<b>КЕД</b>	<b>ПП</b>	<b>Сах,г</b>	<b>Са,г</b>	<b>Р,г</b>
3	НОРМА	*****	*****	*****	10,6	1060	955	73	51
4	ИТОГО	*****	*****	*****	10,6	1060	955	105	62
5	КНОРМЕ +/-	*****	*****	*****	0	0	0	32	11
6	Сено клеv.-тимоф.	0	7	7,00	3,29	371	182	53	18
7	Сенаж разнотравный	0	100	3,85	1,12	89	89	19	5
8	Свекла кормовая	0	100	9,17	1,10	83	514	28	18
9	Ячмень(зерно)	1	100	1,00	1,16	85	2	2	4
10	Шрот соевый	0	1	0,86	1,04	274	82	2	6
11	Кукуруза желтая	0	100	2,17	2,89	159	87	1	11
12		0	100	0,00					
13		0	100	0,00					
14		0	100	0,00					
15									
16									
17	<input type="button" value="Расчитать"/>								
18									

Рис. 11.18. Результат расчета второго варианта рациона по программе «Оптимизатор».

Степень сбалансированности рациона не ухудшилась – основные показатели соответствуют норме, однако соотношение кормов приблизилось к рациональному. Теперь в рационе имеем 7 кг сена, 3.85 кг сенажа, 9.17 кг кормовой свеклы, и достаточное количество концентрированных кормов, количество белковой добавки в которых (шрот соевый) не превышает 860 г.

Диалоговое окно оптимизатора показано на рисунке 11.19.

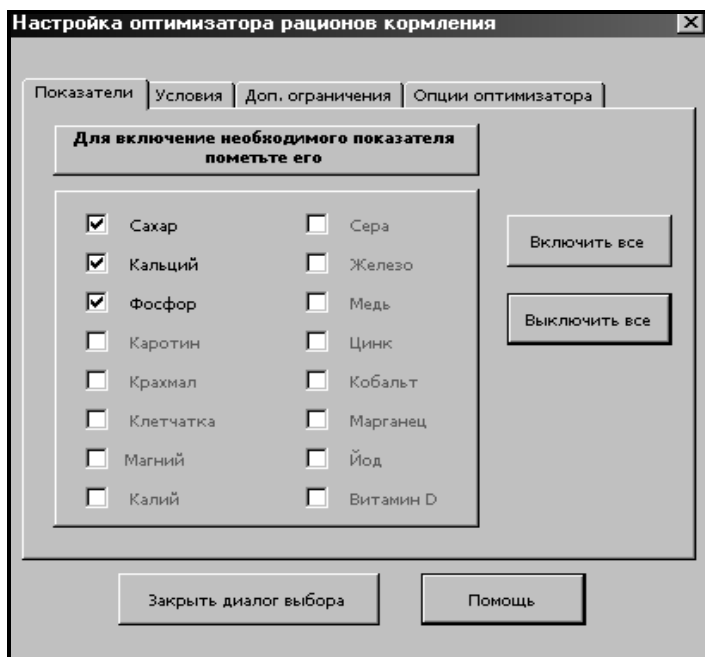


Рис. 11.19. Диалоговое окно (настройка оптимизатора кормовых рационов).

Этот диалог отличается от стандартного принципиально. В нем имеется четыре закладки:

1. Показатели.
2. Условия.
3. Дополнительные ограничения.
5. Опции оптимизатора.

На рисунке 11.19 отображена закладка «Показатели». Здесь можно указать, какие именно показатели учитывать при составлении рациона. Для этого достаточно установить флажок напротив соответствующего наименования. В дальнейшем программа автоматически сформирует подходящую модель. Для удобства встроены кнопки **Включить все** и **Выключить все**. Они ускоряют процесс выбора требуемых параметров.

В закладке «Условия» определяется, какие характеристики будут учитываться при оптимизации. Таким образом, можно задать большое количество показателей питательности, но оптимизацию проводить

только по некоторым – самым важным параметрам. Кроме этого, здесь можно указать какие именно операторы использовать при формировании ограничений. Допустимо использование оператора «равно» (жесткое ограничение), операторов «больше либо равно» и «меньше либо равно» (свободные ограничения).

В закладке «Дополнительные ограничения» устанавливаются ограничения на количества кормов в рационе. Причем, по желанию пользователя, можно установить коридор от минимума до максимума не только в физическом весе, но и в процентах по питательности от суточной потребности в кормовых единицах.

Закладка «Опции оптимизатора» позволяет определить:

- точность вычислений;
- максимальное время вычислений;
- предельное число итераций;
- сходимость;
- метод поиска.

Предлагаемая версия программы является учебной и запрещена для коммерческого использования. Она предоставляет все возможности коммерческой версии, число показателей питательности в рационе ограничено шестью наименованиями, как и требуется в курсовой работе.

В коммерческой версии «Оптимизатора» количество кормовых средств не ограничено девятью наименованиями, а количество показателей питательности – шестью элементами.

Кроме того, реальная программа усилена диалоговыми средствами определения модели и защищена (в некоторой степени) от неадекватных действий неопытных пользователей. К полной версии программы прилагается более подробная документация с примерами составления рационов для разных видов скота.

В настоящее время программа проходит апробацию на занятиях по кормлению с.-х. животных и используется при подготовке курсовой работы по этой дисциплине.

Таким образом, специалисты в области кормления и физиологии животных, могут уточнять структуру рациона, задавая границы скармливания кормов и пользуясь мощным математическим инструментом по балансированию рациона.

Исходные тексты программы на языке Basic не входят в комплект поставки и являются собственностью автора.

Предполагается дальнейшее совершенствование программы с учетом замечаний и пожеланий пользователей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гарнаев А.Ю. Excel, VBA, Internet в экономике и финансах. Спб.:BNV, 2001.
2. Курицкий Б.Л. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. Спб.: BNV, 1997.
3. Уокенбах Дж. Библия пользователя Excel 7.0.
4. Гурский Е.И., Домашов В.П. и др. Руководство к решению задач по высшей математике. Учеб. пособие.-Мн.:Выш. шк., 1989.
5. Курносое А.П. Вычислительная техника и программирование: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 1991.
6. Стоцкий Ю. Самоучитель Office 2000.- Питер, 2000
7. Использование Microsoft Excel 97 / Пер. с англ. Брюс Холберг, Шерри Кинкоф и др. К., М., СПб.: Издат. дом «Вильямс», 1998.
8. Долголаптев В.Г. Работа в Excel 7.0 для Windows 95 на примерах. М.: БИНОМ, 1995.
9. Леонтьев Ю. Microsoft Office 2000: краткий курс. – СПб: Питер, 2000.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б а к а н о в В. Н. Летнее кормление молочных коров/ В. Н. Баканов, Б. Р. Овсищев. – М.: Колос, 1982.
2. В а л ь д м а н Э. К. Высокопродуктивное молочное скотоводство/ Э. К. Вальдман, М. К. Карельсон. – М., 1982.
3. Физиология пищеварения и кормление крупного рогатого скота/ В. М. Голушко, А. М. Лапотко, В. К. Пестис, А. В. Голушко. – Гродно, 2005.
4. Г о р я ч е в И. И. Кормление высокопродуктивных коров/ И. И. Горячев, Ф. Ф. Богуш, Н. В. Пилук. – Минск: БелНЦИМ АПК, 1996.
5. Биологическая полноценность кормов/ Н. Г. Григорьев, Н. П. Волков, Е. С. Воробьев и др. – М.: Агропромиздат, 1989.
6. Д е н и с о в Н. И. Нормированное кормление коров/ Н. И. Денисов, Т. С. Мельникова. – М.: Колос, 1973.
7. Д е н и с о в Н. И. Кормление высокопродуктивных коров/ Н. И. Денисов. – М.: Россельхозиздат, 1982.
8. Е р с к о в Э. Р. Кормление жвачных животных. Принципы и практические основы./ Э. Р. Ерсков; пер. с англ. – Боровск, 1992.
9. И о ф ф е В. Б. Практика кормления молочного скота/ В. Б. Иоффе. – Молодечно: УП «Типография «Победа», 2005.
10. К а л а ш н и к о в А. П. Кормление молочного скота/ А. П. Калашников. – М.: Колос, 1978.
11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. 3-е изд. перераб. и доп./ под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М.: 2003.
12. К р е м п т о н Э. У, Х а р р и с Л. Э. Практика кормления сельскохозяйственных животных/ Э. У. Кремптон, Л. Э. Харрис; пер. с англ. В. В. Зельнера. – М.: Колос, 1972.
13. К р о т к о в а А. П. Обмен веществ у жвачных животных/ А. П. Кроткова, Н. В. Курилов. – М.: Колос, 1966.



14. Кормление высокопродуктивных животных/ Я. Лабуда, П. В. Демченко, К. Неринг, М. Гажо и др. – М.: Колос, 1976.
15. П о п о в И. С. Кормление высокопродуктивных коров. В кн. И. С. Попова. Избранные труды. – М.: Колос, 1966.
16. Корма и биологически активные вещества/ Н. А. Попков, В. И. Фисинин, И. А. Егоров и др. – Минск: Беларуская навука, 2005.
17. С к р ы л е в Н. И. Нормированное кормление крупного рогатого скота и техника составления рационов/ Н. И. Скрылев, М. В. Шупик. – Горки, 2001.
18. Ш п а к о в А. П. Кормовые нормы и состав кормов: справочное пособие/ А. П. Шпаков, В. К. Назаров, И. Л. Певзнер. – Минск: Ураджай, 1991.

