

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Купреенко А.И., Исаев Х.М.

**Методика информационно-консультационной
деятельности по оценке энергоемкости
производства кормового сырья
и приготовления кормов**

Брянская область, 2016

УДК 631.152.001.573(07)

ББК 65.050

К 92

Купреенко А.И. Методика информационно-консультационной деятельности по оценке энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2016.- 47 с.

Целью работы является разработка методики информационно-консультационной деятельности по оценке энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов.

Разработана математическая модель оценки энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов. Установлен необходимый объем информации для осуществления информационно-консультационной деятельности по оценке энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов. Пример определения энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов реализован в виде компьютерной программы среде Microsoft Excel.

Рецензент: д.т.н. профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве В.П. Лапик.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №1 от 15 сентября 2016 г.

© Брянский ГАУ, 2016

© Купреенко А.И., 2016

Содержание

1.	Введение.....	4
2.	Основная часть.....	6
2.1	Методика оценки энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов.....	6
2.1.1	Энергетическая оценка и обоснование рациона кормления сельскохозяйственных животных и птицы.....	8
2.1.2	Энергетическая оценка и обоснование технологии приготовления кормов.....	14
2.1.3	Математическая модель обоснования энергосберегающих технологий и средств механизации приготовления кормов.....	17
2.2	Пример оценки энергоемкости технологий производства кормового сырья и приготовления кормов.....	21
2.2.1	Подготовка исходных данных для расчетов.....	21
2.2.2	Числовая модель.....	28
2.2.3	Анализ полученных результатов.....	30
2.2.3.1	Анализ оптимального рациона.....	30
2.2.3.2	Энергетический анализ технологий производства кормового сы- рья.....	34
2.2.3.3	Энергетический анализ технологий приготовления кор- мов.....	36
3.	Заключение.....	43
4.	Список использованных источников.....	44
5.	Приложения.....	46

Введение

Производство продуктов питания связано с проблемой накопления энергии, доступной для усвоения человеком. Для обеспечения населения продовольствием и органическим сырьем в настоящее время используется более одной трети лучших земель планеты. Стало очевидным, что повышение урожая ограничивается энергетическими ресурсами и что расширение производства продовольствия в основе своей энергетическая или, точнее, биоэнергетическая проблема.

В конце 20 столетия был обоснован и сформулирован закон общей биоэнергетической (термодинамической) направленности структур и функций живых систем, названный законом выживания. В соответствии с этим законом, основная сущность прогрессивного развития живой природы и социально-культурных систем состоит в сдерживании роста энтропии, в уменьшении «непроизводительной» деградации свободной энергии. Неосознанность человеком закона выживания, отсутствие учета этого закона в его сознательной деятельности – первичная причина возникновения проблемы энергосбережения.

Решением этой проблемы является переход мирового сообщества на управляемое устойчивое развитие, что усиливает актуальность поиска эффективных способов и средств энергосбережения в сельскохозяйственном производстве.

По мере интенсификации агротехнологий возрастает их негативное воздействие на природную среду, которое, как правило, пропорционально общему количеству используемой техногенной энергии.

О том, что эта проблема решаема, свидетельствует то, что в передовых зарубежных странах (ФРГ, Франция, Канада и др.) энергоемкость продукции в 3...5 раз ниже этого показателя соответствующей отечественной продукции. В передовых хозяйствах РФ энергоемкость продукции растениеводства и животноводства в 2...3 раза ниже, чем средняя по стране.

Именно энергоемкость является одним из важнейших показателей эффективности производства на современном этапе. На основе этого показателя должна производиться энергетическая и биоэнергетическая оценка применяемых или предлагаемых технологий, машин, оборудования для приготовления и раздачи кормов, обслуживания животных.

Такая оценка призвана определять эффективность материально-энергетических затрат и исключить внедрение в производство технических средств, требующих затрат, превышающих достигнутый минимальный уровень и создавать условия для разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий. Усиливается необходимость дальнейшего совершенствования методов энергетической оценки технологического оборудования, комплектов машин и Системы машин для животноводства в целом.

Известно, что увеличение производства сельскохозяйственной продукции сопровождается значительным повышением энергозатрат: каждый процент ее прироста требует увеличения энергозатрат на 2...3 %. Поэтому очень важна

сравнительная оценка действующих и вновь разрабатываемых машин, их комплексов и комплектов. Применение для этого энергетических критериев позволяет определить эффективность с точки зрения интересов потребителей, создателей машин и общества в целом, используя совокупные энергетические затраты. Право на внедрение в производство имеют лишь те технические решения, которые обеспечивают экономию трудовых и энергетических затрат при относительно более высоком качестве производимой продукции. Особая роль при этом отводится организации эффективно действующей информационно-консультационной службы АПК.

Таким образом, разработка методики информационно-консультационной деятельности по оценке энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов является актуальной задачей.

1 Основная часть

1.1 Методика оценки энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов

Принципы энергосбережения при проектировании технологических процессов производства кормового сырья и приготовления кормов закладываются в процессе составления рационов, обоснования технологии, состава поточных технологических линий заготовки и приготовления кормов.

При этом основой служит рацион, определяющий структуру кормовой базы, призванной обеспечить рациональное и полноценное кормление животных, когда наибольшее количество продукции может быть получено при наименьших затратах энергии и средств.

В соответствии с принципом оптимальности Беллмана процесс последовательно оптимизирован, если решения, принимаемые на его последующих этапах, составляют оптимальную стратегию относительно входных данных, поступающих с предшествующего этапа.

Разработанная с учетом изложенных принципов системного подхода иерархия задач энергосбережения при приготовлении кормов представлена на рис. 1.

Комплексное решение осуществляется на целом ряде взаимосвязанных уровней энергосбережения от выбора рациона до частных режимов функционирования отдельных машин. Задачи энергосбережения на каждом уровне формулируются таким образом, чтобы выходные результаты каждого предшествующего уровня использовались в качестве исходных данных для нижних уровней иерархической лестницы. При этом происходит сложение эффектов энергосбережения всех уровней оптимизации.

Входными данными для первого уровня являются: производственные факторы Φ_{ki} ; число видов кормов N_{ki} , производимых в хозяйстве и приобретаемых дополнительно; концентрация энергии и питательных веществ X_{ki} в единице массы каждого корма и данные о химическом составе грубых и сочных кормов, производимых в хозяйстве (по анализам лаборатории); суточная потребность животных в энергии, питательных и биологически активных веществах Y_{ni} в зависимости от планируемой продуктивности, массы и физиологического состояния. Дополнительно используются ограничения по структуре рациона, по общей потребности в энергии и всех нормируемых элементах питания и другие.

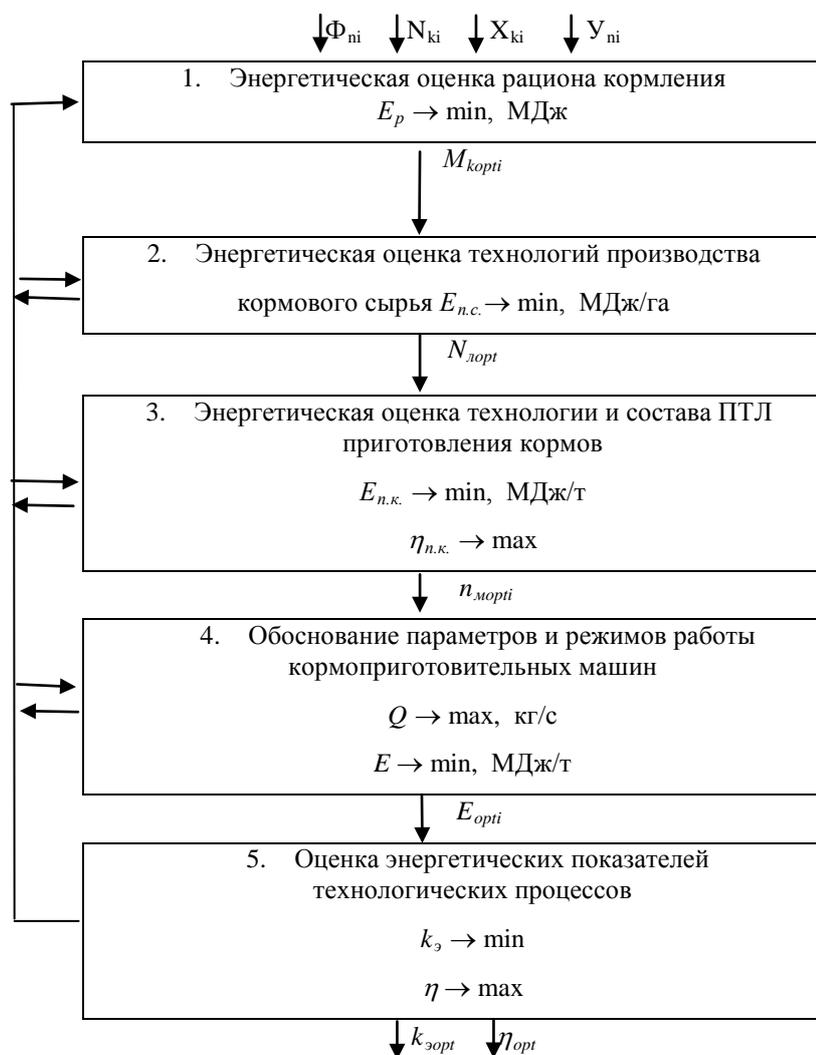


Рисунок 1 - Иерархия задач энергосбережения

В качестве критерия оптимизации используется минимум энергозатрат на производство кормов E_p . На выходе первого уровня получим виды заготавливаемых и приобретаемых кормов M_{kopti} , которые являются исходными данными для второго уровня оптимизации.

На втором уровне производится обоснование технологии производства кормового сырья по критерию минимума энергозатрат $E_{н.с.}$ на гектар площади возделывания. На выходе имеем требуемое количество линий обработки кормового сырья и приготовления кормов N_{lopti} .

На третьем уровне обосновывается технология и состав ПТЛ обработки кормового сырья и приготовления кормов по критериям минимума энергозатрат $E_{н.к.}$. В том случае, когда одна или несколько технологий обеспечивают повышение питательности обрабатываемого кормового сырья (например, химическая обработка соломы) необходимо произвести сравнение их коэффициентов биоэнергетической эффективности $\eta_{н.к.}$ с учетом увеличения содержания обменной энергии в готовой кормосмеси. На выходе получим требуемое число машин n_{mopti} .

На четвертом уровне обосновываются параметры и режимы работы кормоприготовительных машин по критериям максимума производительности Q , минимума энергозатрат E . При этом выходными параметрами будут удельные энергозатраты E_{opti} .

На пятом уровне обосновываются технико-экономические показатели технологического процесса заготовки и приготовления кормов по критериям минимума коэффициента энергетических затрат $k_э$, максимума коэффициента биоэнергетической эффективности η . Проведя анализ составляющих показателей и выделив наиболее значимые, можно вернуться на тот уровень оптимизации, где данная составляющая оказывает наибольшее влияние и просчитать другой вариант оптимизации. Сравнивая различные варианты, находим оптимальный для заданных условий.

Данный метод решения задач энергосбережения применим как на стадии разработки новых технологических процессов и машин, так и непосредственно в производственных условиях.

1.1.1 Методика энергетической оценки и обоснования рациона кормления сельскохозяйственных животных и птицы

Постановка задачи оптимизации кормовых рационов

Система нормированного кормления, применяемая в животноводстве, призвана обеспечить высокую продуктивность животных и птицы при экономном расходовании кормов. Для того чтобы направленно воздействовать на продуктивность животных, необходимо знать:

- потребность в питательных веществах у животных разных видов, возраста, пола и продуктивности, то есть нормы кормления;
- тип кормления;
- рационы, их составление и балансирование;
- организацию кормления животных;
- контроль полноценности и экономичности кормления.

Необходимость перевода планирования рационов на качественно высокий уровень обусловлена тем, что затраты на корма составляют до 60 % общей себестоимости продукции животноводства. А это означает большие затраты энергии при заготовке, обработке и приготовлении кормов, и соответствующие потери её в случае их неэффективного использования. Кроме того, одно и то же животное в течение года в каждый последующий день имеет иную потребность в различных составляющих рациона, чем в предыдущий день.

Оптимальными называются рационы, полностью сбалансированные в отношении энергетического, протеинового, макро-, микроэлементного и аминокислотного состава, позволяющие добиться наивысшего эффекта в соответствии с принятым критерием оптимальности.

Критерием оптимизации при составлении рационов чаще всего служит минимум стоимости рациона при обеспеченности животных всеми необходи-

мыми им факторами питания. Однако себестоимость производства кормов в хозяйствах непостоянна вследствие влияния колебаний рыночных цен на её структурные составляющие, что не позволяет произвести объективную оценку вариантов рациона.

Поэтому при составлении рационов желательно применять более постоянную величину, которая отражала бы основную цель – получение большего количества продукции при наименьших затратах энергии на приготовление кормов. Таким образом объективным критерием оптимизации рациона может служить критерий минимума затрат энергии E_p на его приготовление в виде.

$$E_p = \sum_{j=1}^N \left[\left(\frac{q_j}{u_j} + g_j \right) x_j \right] \rightarrow \min, \text{ МДж} \quad (1)$$

где q_j - удельные энергозатраты на производство j – го вида кормового сырья, МДж/га;

u_j - урожайность j – го вида кормового сырья, кг/га;

g_j - удельные энергозатраты на приготовление j – го вида корма (кормовой добавки), МДж/кг;

x_j - количество j – го вида корма в рационе, кг.

Исходя из вышеизложенного, математическую задачу оптимизации рациона можно сформулировать следующим образом: из производимых в хозяйстве и приобретаемых кормов и кормовых добавок составить рацион, который полностью удовлетворяет биологические потребности животного в питательных веществах и энергии и обеспечивает минимум энергозатрат на его приготовление.

Решение этой задачи позволит определить, какие корма, и в каком количестве необходимо давать животному, а также количество приобретаемых кормов и кормовых добавок.

В качестве критериев оптимизации, в зависимости от условий задачи, могут использоваться минимум себестоимости или массы рациона, минимум использования дефицитных кормов и другие.

Описание переменных и ограничений модели

При составлении математической модели все условия задачи записываются в виде системы уравнений и неравенств, называемой системой ограничений.

В условия задачи вводят ограничения по элементам питания и по отдельным видам кормов и кормовых добавок. Допустимые границы устанавливают с учетом зоотехнических, физиологических требований и хозяйственных условий. При этом должны быть соблюдены научно обоснованные соотношения между отдельными группами и видами кормов в рационе.

В математической модели используются переменные трех типов:

- основные – обозначают количество кормов по видам и различных кормовых добавок, входящих в рацион;

- вспомогательные – обозначают суммарное содержание в рационе кормовых единиц, переваримого протеина и других видов питательных веществ, что связано с моделированием пределов использования отдельных видов кормов и частичной заменой их другими видами;

- дополнительные – обозначают избыток отдельных видов питательных веществ в рационе сверх заданной минимальной величины.

Единицами измерения основных переменных служат меры веса, выбор которых зависит от того, для какого вида скота и птицы и на какой период рассчитывается рацион.

Все условия задачи формулируются в виде основных, дополнительных и вспомогательных ограничений.

С помощью основных ограничений записываются условия по балансу питательных веществ. Коэффициенты при основных переменных в данных ограничениях указывают содержание питательных веществ в единице корма. В правой части ограничений записывается количество каждого вида питательных веществ, необходимое для получения заданной продуктивности. Если избыток какого-либо корма или вещества в рационе не вредит животному, то это ограничение выражают одним неравенством – не менее (\geq). В случае если избыток одного из элементов или кормов в рационе нежелателен, а количество его ниже указанной нормы не вредно, то такое ограничение выражают одним неравенством – не более (\leq).

Дополнительные ограничения определяют нормы содержания отдельных видов или групп кормов в рационе. Можно устанавливать минимально и максимально допустимые границы содержания отдельных кормов в рационе. При этом границы ввода отдельных кормов могут быть заданы в единицах массы корма, кормовых единицах или в процентах к энергетической питательности рациона. Дополнительные ограничения играют большую роль при формировании рационов и, чтобы они не приводили к несовместимости системы уравнений, сумма процентов по нижней границе содержания отдельных видов кормов в них должна быть меньше 100%, а по верхней больше 100%.

Вспомогательные ограничения характеризуют суммарное количество кормовых единиц, переваримого протеина и других питательных веществ. Коэффициенты в них по основным переменным – это содержание кормовых единиц, переваримого протеина и так далее в единице корма, а по вспомогательным – единицы с минусом.

Структурная модель задачи

Задача формулируется следующим образом: для P – го вида животных (птицы) на период t (сутки, месяц, год) необходимо составить рацион из N видов кормов, который должен содержать M видов питательных веществ в количестве не менее b_i ($i = 1, 2, \dots, M$).

Цель задачи – определить в рационе количество каждого вида корма x_j ($j = 1, 2, \dots, N$), при котором достигается экстремальное значение функции

$$E_p = \sum_{j=1}^N \left[\left(\frac{q_j}{u_j} + g_j \right) x_j \right] \rightarrow \min, \quad (2)$$

(минимум энергозатрат на приготовление кормов) при следующих ограничениях:

1) питательных веществ и обменной энергии в рационе содержится не менее необходимого количества (основные ограничения)

$$\sum_{j=1}^N (a_{ij} \cdot x_j) \geq b_i, \quad (i \in M), \quad (3)$$

где по выражению (1.9) $b_i = a + cM_{жс} + dy_i$.

2) отдельные группы кормов входят в рацион в зоотехнически обоснованных границах (дополнительные ограничения)

$$\alpha_{hj} \cdot \bar{x}_j \leq \sum_{j \in N} (a_{hj} \cdot x_j) \leq \beta_{hj} \cdot \bar{x}_j \quad (h \in H); \quad (4)$$

3) в рационе соблюдается соотношение отдельных видов кормов и добавок (дополнительные ограничения)

$$\sum_{j \in N} (w_{hj} \cdot x_j) - \sum_{j \in N} (w'_{hj} \cdot x_j) \leq 0 \quad (h \in H_1); \quad (5)$$

4) общая питательность рациона по отдельным питательным веществам составляет (вспомогательные ограничения)

$$\sum_{j \in N} (a_{ij} \cdot x_j) = \bar{x}_j \text{ или } \sum_{j \in N} (a_{ij} \cdot x_j) \gg \bar{x}_j \quad (i \in M). \quad (6)$$

При записи вспомогательных ограничений используется прием «отраженной» переменной, суть которого сводится к отражению определенной суммы значений в одной «отраженной» переменной. При этом коэффициенты по основным переменным выражают содержание питательных веществ в единице

корма, а по вспомогательным – «отраженной» переменной – ставится –1. Объемы ограничений равны нулю;

5) условие не отрицательности переменных

$$x_j \geq 0, \quad \bar{x}_j \geq 0. \quad (7)$$

Описание индексов, переменных и множеств в данной структурной модели следующее:

индексы:

i – виды питательных веществ;

j – виды кормов, кормовых добавок;

h – группы кормов;

множества:

M – виды питательных веществ;

N – виды кормов, кормовых добавок;

H – группы кормов;

H_l – соотношения групп кормов;

переменные:

q_j - удельные энергозатраты на производство j – го вида кормового сырья;

u_j - урожайность j – го вида кормового сырья;

g_j - удельные энергозатраты на производство j – го вида корма (кормовой добавки) или дополнительную обработку i – го вида кормового сырья;

x_j - количество j – го вида корма в рационе;

a_{ij} - содержание i – го питательного вещества в j – том виде корма;

b_i - минимально допустимое количество i – го вида питательного вещества;

\bar{x}_j - суммарное количество питательных веществ в рационе;

α_{hj}, β_{hj} - нижняя и верхняя границы включения в рацион h – той группы кормов;

w_{hj}, w'_{hj} - коэффициенты пропорциональности между группами кормов.

Подготовка исходных данных

Целью сбора и обработки исходных данных является определение коэффициентов при переменных и объемных показателях ресурсов или продукции. От качества исходной информации зависит реальность полученных результатов, поэтому вся информация должна быть достоверной и объективной.

Исходная информация должна содержать следующие данные:

- вид, возрастная группа, живая масса одной головы и планируемая продуктивность животных, для которых составляется рацион;

- период, на который рассчитывается рацион;
- детализированные нормы, то есть суточная потребность животных данной группы в энергии и питательных веществах (или оптимальная концентрация питательных веществ в единице массы кормовой смеси) в зависимости от продуктивности, живой массы, возраста животных и физиологического состояния;
- границы предельных норм скармливания (минимальная и/или максимальная) отдельных видов кормов и кормовых добавок в натуральном выражении или в процентах. Такие ограничения используются при введении в рацион кормов, избыток которых может оказать вредное воздействие на здоровье животных, уровень и качество получаемой продукции;
- максимально и минимально допустимые требования к структуре рационов, выраженной в процентах от энергетической питательности или сухого вещества;
- максимально и минимально допустимые ограничения по общей потребности в энергии и всех нормируемых элементах питания;
- виды кормов, имеющиеся в хозяйстве и приобретаемые дополнительно, в том числе минеральные, витаминные и другие добавки;
- концентрация энергии и питательных веществ в единице массы каждого корма и данные о химическом составе грубых и сочных кормов, производимых непосредственно в хозяйстве (по анализам лаборатории);
- удельные энергозатраты при производстве и переработке кормового сырья; урожайность кормовых культур; себестоимость кормов, производимых в хозяйстве, и стоимость приобретаемых кормов, а также другие данные в зависимости от принятого критерия оптимальности.

Для создания математической модели, объективно отражающей суть моделируемого процесса и включающей минимальное число ограничений, необходимо провести предварительный анализ данных. Так, анализируя данные о химическом составе кормов и их питательной ценности, необходимо сопоставить их с потребностью животного. Если не провести такого сопоставления, то в модель могут быть введены такие ограничения, которые практически не обеспечат решение задачи. Следует также избегать включения в модель взаимозаменяемых ограничений и ограничений, выполняемых при любом рационе.

Число ограничений в модели должно быть минимальным, так как с увеличением их числа увеличивается и количество итераций при решении задачи, что в конечном итоге за счет округления числовых значений приводит к значительным погрешностям результатов расчетов.

На основании исходной информации определяем объемные показатели и коэффициенты целевой функции математической модели. Затем переходим к составлению числовой математической модели рациона при указанном критерии оптимальности.

Наряду со снижением затрат энергии на производство рациона другой важной задачей энергосбережения является повышение коэффициента биоконверсии энергии кормов в энергию продукции. При этом необходимо учитывать потери энергии с отходами, образующимися в процессе выполнения технологических процессов.

Коэффициент биоконверсии энергии соответствующего рациона кормления с учетом коэффициента безотходности K_{σ} .

$$\eta_k = \frac{\mathcal{E}_n P_{\text{сум}}}{\sum_{j=1}^N \mathcal{E}_j x_j} K_{\sigma}, \quad (8)$$

где \mathcal{E}_n – энергосодержание единицы получаемой продукции (молока, привеса живой массы и т.д.), МДж/кг;

$P_{\text{сум}}$ – объем получаемой продукции, кг/сутки;

\mathcal{E}_j – валовая энергия j -го корма, МДж/кг.

Валовая энергия определяется суммой энергосодержания корма и затрат энергии на его производство и приготовление.

Значение η_k показывает сколько МДж энергии продукции получается при затрате одного МДж валовой энергии кормового рациона.

Задачу оптимизации кормового рациона можно сформулировать следующим образом: из производимых в хозяйстве кормов, а также приобретаемых кормов и кормовых добавок составить рацион, который полностью удовлетворяет биологические потребности животного в питательных веществах и энергии и обеспечивает максимум коэффициента биоконверсии энергии кормов.

Цель задачи – определить в рационе количество каждого вида корма x_j ($j = 1, 2, \dots, N$), при котором достигается экстремальное значение функции

$$\eta_k \rightarrow \max \quad (9)$$

(максимум коэффициента биоконверсии энергии кормов) при изложенных выше ограничениях.

Так как знаменатель критерия (8) фактически является записью критерия (2), то при фиксированном значении числителя в критерии (8), они обеспечивают получение одинаковых оптимальных решений по составу рациона и точных технологических линий.

1.1.2 Энергетическая оценка и обоснование технологии приготовления кормов

Для анализа энергетической эффективности технологии приготовления кормов необходимо определить сумму составляющих элементов удельных затрат, которые выражают в сопоставимых единицах

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_T + \mathcal{E}_Ж + \mathcal{E}_M + \mathcal{E}_З + \mathcal{E}_{СК}, \quad (10)$$

где \mathcal{E}_T - прямые и овеществленные затраты энергии топлива, электрической и тепловой энергии;

$\mathcal{E}_Ж$ - затраты энергии живого труда;

\mathcal{E}_M - затраты энергии на изготовление, ремонт и техническое обслуживание средств механизации;

\mathcal{E}_3 - энергоемкость производственных помещений, сооружений;

$\mathcal{E}_{СК}$ - энергоемкость складов, траншей для хранения кормов.

Прямые и овеществленные затраты энергии топлива, электрической и тепловой энергии

$$\mathcal{E}_T = \sum_{i=1}^N ((\alpha_{Ti} + \alpha'_{Ti}) Q_{Ti} + k_B Q_{\mathcal{E}i} + Q_{Ki}), \text{ МДж/га}, \quad (11)$$

где α_{Ti} - энергосодержание топлива, МДж/кг;

α'_{Ti} - энергетический эквивалент топлива, МДж/кг;

Q_{Ti} - расход топлива при выполнении i – той технологической операции, кг/га;

$Q_{\mathcal{E}i}, Q_{Ki}$ - расходы электроэнергии и теплоты, кВт·ч/га и МДж/га;

k_B - коэффициент перевода кВт·ч в МДж,

N – число технологических операций в данной технологии.

Затраты энергии живого труда

$$\mathcal{E}_Ж = \sum_{i=1}^N (n_{\mathcal{C}i} \alpha_{\mathcal{C}i} + n'_{\mathcal{C}i} \alpha'_{\mathcal{C}i}) / W_{\mathcal{E}i}, \text{ МДж/га}, \quad (12)$$

где $n_{\mathcal{C}i}, n'_{\mathcal{C}i}$ - число основных и вспомогательных рабочих различной квалификации, выполняющих i -тую технологическую операцию, чел;

$\alpha_{\mathcal{C}i}, \alpha'_{\mathcal{C}i}$ - соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/(чел·ч);

$W_{\mathcal{E}i}$ - эксплуатационная производительность комплекса (машины) при выполнении i – той технологической операции, га/ч.

Затраты энергии на изготовление, ремонт и техническое обслуживание определяются в зависимости от наличия исходных данных по формулам:

$$\mathcal{E}_M = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\alpha_{T.M.i} m_{Ti}}{100} \cdot \frac{C_{A.T.i} + C_{P.T.i}}{T_{Ti}} + \frac{\alpha_{P.M.i} m_{Pi}}{100} \cdot \frac{C_{A.P.i} + C_{P.P.i}}{T_{Pi}} \right) / W_{\mathcal{E}i}, \text{ МДж/га}, \quad (13)$$

где $\alpha_{T.M.i}, \alpha_{P.M.i}$ - энергоемкость единицы массы соответственно тяговой и рабочей машины при выполнении i – той технологической операции, МДж/кг;

m_{Ti}, m_{Pi} - массы тяговой и рабочей машин, кг;

$C_{A.T.i}, C_{A.P.i}$ - нормы амортизационных отчислений соответственно тяговой и рабочей машины, %;

$C_{P.T.i}, C_{P.P.i}$ - нормы отчислений на ремонт и техническое обслуживание соответственно тяговой и рабочей машины, %;

T_{Ti}, T_{Pi} - годовые загрузки соответственно тяговой и рабочей машины, ч;

или

$$\mathcal{E}_M = \sum_{i=1}^N (\alpha'_{T.M.i} m_{Ti} + \alpha'_{P.M.i} m_{Pi}) / W_{\mathcal{E}i}, \text{ МДж/га}, \quad (14)$$

где $\alpha'_{T.M.i}, \alpha'_{P.M.i}$ - энергоемкость единицы массы соответственно тяговой и рабочей машины, МДж/(кг/ч).

Затраты энергии на строительство и эксплуатацию производственных зданий и сооружений

$$\mathcal{E}_3 = \sum_{i=1}^Z \alpha_{3i} F_{3i} C_{3i} / (100 T_{3i} W_{\mathcal{E}i}), \text{ МДж/га}, \quad (15)$$

где α_{3i} - энергетический эквивалент i – го производственного здания, помещения, сооружения, МДж/м²;

F_{3i} - площадь производственного здания, помещения, сооружения для переработки и хранения продукции, м²;

C_{3i} - амортизационные отчисления, %;

T_{3i} - срок использования помещений при работающем оборудовании, ч;

Z – число производственных зданий, помещений, сооружений.

Затраты энергии на строительство и эксплуатацию складов, траншей для хранения кормов определяют с учетом их площади и вместимости:

$$\mathcal{E}_{СК} = \sum_{i=1}^W \alpha_{СКi} F_{СКi} C_{СКi} u_j / (100 Q_{СКi}), \text{ МДж/га}, \quad (16)$$

где $\alpha_{СКi}$ - энергетический эквивалент, МДж/м²;

$F_{СКi}$ - площадь склада, траншеи, м²;

$C_{СКi}$ - амортизационные отчисления, %;

$Q_{СКi}$ - вместимость склада, траншеи, т;

W – число складов, траншей.

Дифференцированная оценка сравниваемых технологических комплексов, машин проводится по формулам (11) - (14).

На заключительном этапе обоснования оптимальной технологии приготовления кормов необходимо определить коэффициент биоэнергетической эффективности η_H предлагаемой технологии и убедиться, что он больше единицы и не меньше чем у базовой технологии

$$\eta_H = \frac{\mathcal{E}_{об}}{\sum E_H} \eta_b \quad (17)$$

В случае невозможности однозначной оценки сравниваемых вариантов по приведенным совокупным затратам необходимо использовать дополнительные показатели, такие, как условия труда, универсальность машин и другие.

1.1.3 Математическая модель обоснования энергосберегающих технологий и средств механизации приготовления кормов

Задачи обоснования рациона кормления животных, состава поточных технологических линий кормопроизводства и приготовления кормов на практике решаются отдельно. В качестве целевых функций используются экономические, энергетические и другие критерии.

Недостатком такого подхода является невозможность определения взаимного влияния и общего эффекта от решения данных оптимизационных задач. Поэтому целесообразно рассматриваемые задачи описывать единой математической моделью. При этом нагляднее становится анализ получаемых результатов, упрощается изменение исходных данных и расчет других вариантов оптимизации.

Сравнительный анализ экономических и энергетических критериев показал, что состав технологической линии определенный по энергетическому критерию оптимален и с экономической точки зрения. При этом энергетические критерии более стабильны, не подвержены рыночным колебаниям цен.

Математическая модель обоснования энергосберегающих технологий и средств механизации приготовления кормов имеет вид:
затраты энергии на приготовление рациона

$$E_p = \sum_{j=1}^N \left[\left(\frac{q_j}{u_j} + g_j \right) x_j \right] \rightarrow \min, \text{ МДж}; \quad (18)$$

удельные энергозатраты на производство j -го вида кормового сырья по варианту p^*

$$q_j = \mathcal{E}_{Tjp^*} + \mathcal{E}_{Жjp^*} + \mathcal{E}_{Mjp^*} + \mathcal{E}_{Зjp^*} + \mathcal{E}_{СКjp^*} + \mathcal{E}_{Ojp^*}, \text{ МДж/га, } p^* \in S(p), p=1 \dots P; \quad (19)$$

удельные энергозатраты на приготовление j -го вида корма (кормовой добавки) по варианту l^*

$$g_j = \mathcal{E}_{Tjl^*} + \mathcal{E}_{Жjl^*} + \mathcal{E}_{Mjl^*} + \mathcal{E}_{Зjl^*} + \mathcal{E}_{СКjl^*} + \mathcal{E}_{Ojl^*}, \text{ МДж/кг, } l^* \in S(l), l=1 \dots L; \quad (20)$$

прямые и овеществленные затраты энергии топлива, электрической и тепловой энергии

$$\mathcal{E}_{Tj} = \sum_{k=1}^K \left((\alpha_{Tjk} + \alpha'_{Tjk}) Q_{Tjk} + k_B Q_{Эjk} + Q_{Гjk} \right), \text{ МДж/га, МДж/кг; } \quad (21)$$

затраты энергии живого труда

$$\mathcal{E}_{Жj} = \sum_{k=1}^K \left(n_{чjk} \alpha_{эчjk} + n'_{чjk} \alpha'_{эчjk} \right) / W_{Эjk}, \text{ МДж/га, МДж/кг; } \quad (22)$$

затраты энергии на изготовление, ремонт и техническое обслуживание средств механизации

$$\mathcal{E}_{Mj} = \sum_{k=1}^K \left(\frac{\alpha_{Т.М.жк} m_{Тjk}}{100} \cdot \frac{C_{А.Т.жк} + C_{Р.Т.жк}}{T_{Тjk}} + \frac{\alpha_{Р.М.жк} m_{Рjk}}{100} \cdot \frac{C_{А.Р.жк} + C_{Р.Р.жк}}{T_{Рjk}} \right) / W_{Эjk}, \text{ МДж/га, МДж/кг; } \quad (23)$$

или

$$\mathcal{E}_{Mj} = \sum_{k=1}^K \left(\alpha'_{Т.М.жк} m_{Тjk} + \alpha'_{Р.М.жк} m_{Рjk} \right) / W_{Эjk}, \text{ МДж/га, МДж/кг; } \quad (24)$$

энергоёмкость производственных помещений, сооружений

$$\mathcal{E}_{Зj} = \sum_{s=1}^Z \alpha_{Зjs} F_{Зjs} C_{Зjs} / (100 T_{Зjs} W_{Эjs}), \text{ МДж/га, МДж/кг; } \quad (25)$$

энергоёмкость складов, траншей для хранения кормов

$$\mathcal{E}_{СКj} = \sum_{s=1}^W \alpha_{СКjs} F_{СКjs} C_{СКjs} u_j / (100 Q_{СКjs}), \text{ МДж/га, } \quad (26)$$

$$\mathcal{E}_{CKj} = \sum_{s=1}^W \alpha_{CKjs} F_{CKjs} C_{CKjs} / (100Q_{CKjs}), \text{ МДж/кг}, \quad (27)$$

энергоёмкость оборотных средств

$$\mathcal{E}_{oj} = \sum_{k=1}^K \alpha_{ojk} G_{ojk}, \text{ МДж/га, МДж/кг} \quad (28)$$

при ограничениях:

- питательных веществ и обменной энергии в рационе содержится не менее необходимого количества

$$\sum_{j=1}^N (a_{ij} x_j) \geq b_i \quad (i \in M), \quad (29)$$

$$b_i = a + cM_{жк} + dy_i; \quad (30)$$

- отдельные группы кормов входят в рацион в зоотехнически обоснованных границах

$$\alpha_{hj} \leq \sum_{j \in N} x_j \leq \beta_{hj} \quad (h \in H); \quad (31)$$

- в рационе соблюдается соотношение отдельных видов кормов и добавок

$$\sum_{j \in N} (w_{hj} x_j) - \sum_{j \in N} (w'_{hj} x_j) \leq 0 \quad (h \in H_1); \quad (32)$$

- общая питательность рациона по отдельным питательным веществам составляет

$$\sum_{j \in N} (a_{ij} x_j) = \bar{x}_i \quad \text{или} \quad \sum_{j \in N} (a_{ij} x_j) \gg \bar{x}_i \quad (i \in M); \quad (33)$$

- условие не отрицательности переменных

$$x_j \geq 0, \quad \bar{x}_i \geq 0, \quad (34)$$

где N – количество видов кормов, кормовых добавок;

u_j - урожайность j -го вида кормового сырья, кг/га;

x_j - количество j -го вида корма в рационе, кг;

P – число вариантов заготовки (производства) j -го вида кормового сырья;

L – число вариантов приготовления (дополнительной обработки) j -го вида корма (кормовой добавки);

K – число технологических операций при заготовке (производстве) j -го вида кормового сырья по варианту p^* ;

α_{Tk} - энергосодержание топлива, МДж/кг;

α'_{Tk} - энергетический эквивалент топлива, МДж/кг;

Q_{Tk} - расход топлива при выполнении k – той технологической операции, кг/га, кг/т;

$Q_{Эк}, Q_{Тк}$ - расходы электроэнергии и теплоты, кВт·ч/га, кВт·ч/т и МДж/га;

k_B - коэффициент перевода кВт·ч в МДж;

Z – число производственных зданий, помещений, сооружений.

W – число складов, траншей;

K – число технологических операций в данной технологии;

$n_{чк}, n'_{чк}$ - число основных и вспомогательных рабочих различной квалификации, выполняющих k -тую технологическую операцию, чел;

$\alpha_{эчк}, \alpha'_{эчк}$ - соответствующие энергетические эквиваленты затрат живого труда, МДж/чел·ч;

$W_{Эк}$ - эксплуатационная производительность комплекса (машины) при выполнении k – той технологической операции, га/ч, т/ч;

$\alpha_{Т.М.к}, \alpha_{Р.М.к}$ - энергоемкость единицы массы соответственно тяговой и рабочей машины при выполнении k – той технологической операции, МДж/кг;

$m_{Тк}, m_{Рк}$ - массы тяговой и рабочей машин, кг;

$C_{А.Т.к}, C_{А.Р.к}$ - нормы амортизационных отчислений соответственно тяговой и рабочей машины, %;

$C_{Р.Т.к}, C_{Р.Р.к}$ - нормы отчислений на ремонт и техническое обслуживание соответственно тяговой и рабочей машины, %;

$T_{Тк}, T_{Рк}$ - годовые загрузки соответственно тяговой и рабочей машины, ч;

$\alpha'_{Т.М.к}, \alpha'_{Р.М.к}$ - энергоемкость единицы массы соответственно тяговой и рабочей машины, МДж/(кг·ч).

α_{3s} - энергетический эквивалент k -го производственного здания, помещения, сооружения, МДж/м²;

F_{3s} - площадь производственного здания, помещения, сооружения для переработки и хранения продукции, м²;

C_{3s} - амортизационные отчисления, %;

T_{3s} - срок использования помещений при работающем оборудовании, ч;

$\alpha_{СКs}$ - энергетический эквивалент, МДж/м²;

$F_{СКs}$ - площадь склада, траншеи, м²;

$C_{СКs}$ - амортизационные отчисления, %;

$Q_{СКs}$ - вместимость склада, траншеи, т;

$\alpha_{опп*к}$ – энергетический эквивалент расходуемого оборотного средства на k -ой технологической операции, МДж/кг;

G_{ojp}^{*k} – расход оборотного средства на k -ой технологической операции, кг/кг;

a_{ij} - содержание i -го питательного вещества в j -том виде корма;

b_i - минимально допустимое количество i -го вида питательного вещества;

M – количество видов питательных веществ;

a, c, d – коэффициенты уравнений регрессии;

α_{hj}, β_{hj} - нижняя и верхняя границы включения в рацион h -той группы кормов;

\bar{x}_i - суммарное количество i -го вида питательного вещества в рационе;

N – количество групп кормов;

w_{hj}, w'_{hj} - коэффициенты пропорциональности между группами кормов;

N_1 – количество соотношений групп кормов.

В приложении А представлена укрупненная блок-схема обоснования технологии и средств механизации приготовления кормов.

Работа с Microsoft Excel обеспечивает удобный интерфейс программы и получение отчетов по двойственным оценкам ограничений, которые являются мерой полезности (эффективности) каждого ресурса при заданном критерии оптимальности. Их величина позволяет сделать вывод о направлении изменения целевой функции и эффективности ресурсов при изменении исходных условий – объемов ограничений, характеристик технических средств и т.д.

Результатом расчета являются энергосберегающие составы рациона животных и технологических линий приготовления кормов, коэффициенты биоконверсии и биоэнергетической эффективности технологий. Полученный рацион определяет необходимость выделения соответствующих площадей под возделываемые кормовые культуры, организации производства или закупки концентрированных кормов.

2.2 Пример оценки энергоемкости технологий производства кормового сырья и приготовления кормов

2.2.1 Подготовка исходных данных для расчетов

На основе анализа данных определены параметры среднестатистической фермы крупного рогатого скота в Брянской области, которые приняты в качестве исходных для расчетов:

- поголовье коров – 200;
- живая масса дойной коровы – 500 кг;
- суточный удой молока – 16 кг;
- содержание жира в молоке – 3,8 %;
- рацион – сенажно-силосно-корнеплодно-сено-концентратный.

Для обеспечения заданной продуктивности рацион должен отвечать следующим зоотехническим требованиям:

- содержание кормовых единиц не менее 12,6;
- обменной энергии не менее 148 МДж;
- сухого вещества не более 15,8 кг;

- переваримого протеина не менее 1260 г;
- сырого протеина не менее 1940 г;
- каротина – 565 мг;
- сахара – не менее 1135 г;
- сырой клетчатки в сухом веществе не менее 4110 г;
- сено, солома, корнеплоды, сенаж и силос должны обеспечивать не менее 70 % энергетической питательности рациона;
- содержание концентрированных кормов в пределах от 2 до 4 кг;
- содержание сена – от 2 до 6 кг;
- содержание силоса, свеклы кормовой и сенажа соответственно от 5 до 20 кг;
- соломы в грубых кормах не более 20 %;
- крахмала – 1705 г;
- сырого жира – 405 г;
- кальция – 89 г;
- фосфора – 63 г;
- калия – 96 г;
- магния – 25 г;
- серы – 31 г;
- железа – 1010 г;
- меди – 115 г;
- цинка – 755 г;
- кобальта – 8,8 г;
- марганца – 755 г;
- йода – 10,1 г.

Рацион должен полностью удовлетворять потребность коровы во всех перечисленных питательных веществах при заданном соотношении отдельных видов и групп кормов и обеспечивать минимум энергозатрат на их производство.

Для удобства работы с программой расчетов представим потребности животного в питательных веществах в виде регрессионных зависимостей:

- кормовые единицы	$b_1 = 1,8667 + 0,0053M_{\text{жс}} + 0,5y_i;$
- обменная энергия, МДж	$b_2 = 17,94 + 0,08M_{\text{жс}} + 5,5y_i;$
- сухое вещество, кг	$b_3 = 0,16667 + 0,019M_{\text{жс}} + 0,3667y_i;$
- сырой протеин, г	$b_4 = 218 + 0,96M_{\text{жс}} + 75y_i;$
- переваримый протеин, г	$b_5 = 186,6667 + 0,5333M_{\text{жс}} + 50y_i;$
- сырая клетчатка, г	$b_6 = 1630 + 4,2M_{\text{жс}} + 20y_i;$
- крахмал, г	$b_7 = 2,4125 + 1,0823M_{\text{жс}} + 67,5y_i;$
- сахар, г	$b_8 = 166,6667 + 0,4833M_{\text{жс}} + 45y_i;$
- сырой жир, г	$b_9 = 44,1667 + 0,175M_{\text{жс}} + 16,6667y_i;$
- кальций, г	$b_{10} = 0,1426 + 0,05M_{\text{жс}} + 3,9898y_i;$
- фосфор, г	$b_{11} = 0,1069 + 0,03M_{\text{жс}} + 2,9924y_i;$
- магний, г	$b_{12} = -1,5 + 0,035M_{\text{жс}} + 0,5y_i;$
- калий, г	$b_{13} = 0,1248 + 0,08M_{\text{жс}} + 3,4911y_i;$
- сера, г	$b_{14} = 0,0357 + 0,03M_{\text{жс}} + 0,9975y_i;$
- железо, мг	$b_{15} = 120 + 0,4M_{\text{жс}} + 42,5y_i;$
- медь, мг	$b_{16} = 33,6667 + 0,0433M_{\text{жс}} + 3,5y_i;$

- цинк, мг	$b_{17} = 113,3333 + 0,3167M_{жс} + 30y_i;$
- кобальт, мг	$b_{18} = 1,3333 + 0,0037M_{жс} + 0,35y_i;$
- марганец, мг	$b_{19} = 113,3333 + 0,3167M_{жс} + 30y_i;$
- йод, мг	$b_{20} = -2,35 + 0,004M_{жс} + 0,625y_i;$
- каротин, мг	$b_{21} = 86,6667 + 0,2333M_{жс} + 22,5y_i.$

Исходные данные по содержанию питательных веществ в кормах, урожайности кормовых представлены в табл. 1.

Технологии (перечень технологических операций) заготовки (производства) кормового сырья принимаем на основании типовых технологических карт.

Для каждого вида кормового сырья рассматривали три варианта состава технологических комплексов. Например, технологическая операция сплошной культивации может иметь следующие варианты выполнения: 1. Т-150К+СП-11+2КПС-4+8БЗТС-1; 2. ДТ-75М+СП-11+ КПС-4+8БЗТС-1; 3. МТЗ-80+КПС-4+4БЗТС-1. На некоторых операциях (например, измельчение и смешивание минеральных удобрений) варианты их выполнения приняты одинаковыми.

Расход топлива, производительность полевых агрегатов брали на основании справочных данных, а отсутствующие определяли расчетным путем. В расчетах дальность перевозок принималась в пределах от 2 до 5 км, длина гона – от 200 до 300 м.

При определении технологии производства (переработки кормового сырья) и раздачи кормов были приняты три варианта: на базе мобильного измельчителя-смесителя-раздатчика кормов ИСРК-12Г с предварительным измельчением длинностебельных грубых кормов первой ступенью измельчителя ИКВ-5А (так как ИСРК-12 Г не обеспечивает измельчение грубых кормов в соответствии с зоотехническими требованиями) (рис. 2); на базе агрегата АПК-10А (рис. 3) и кормоцефа КОРК-5 (рис. 4) с раздачей кормосмеси кормораздатчиком КТУ-10А.

Таблица 1 - Содержание питательных веществ в кормах и урожайность кормовых культур

Содержание питательных веществ и урожайность кормов	Корма						
	комбикорм К-60 в составе: ячмень-12%; овес-10%; кукуруза-30% отруби пшен.-39%; шрот подсол.-5%; корм. фосфат-2%; соль-1%; премикс-1%.	отруби пшенич.	сено клеv.- тимофееч.	соло-ма овсяная	сенаж зл.-разнотрав.	силос кукурузный	кормовая свекла
кормовые единицы	0,96	0,75	0,50	0,31	0,29	0,24	0,12
обменная энергия, МДж	9,69	8,85	6,76	5,38	3,44	2,76	1,65

Продолжение таблицы 1

сухое вещество, кг	850	850	830	830	450	300	120
сырой протеин, г	157	151	98	39	46	30	13
переваримый протеин, г	126	97	53	17	23	17	9
сырая клетчатка, г	41	88	265	324	157	90	9
крахмал, г	510	0	11	4,4	15	25	3
сахар, г	50,9	47	30	4	23	1,7	40
сырой жир, г	37	41	25	17	10	12	1
кальций, г	5,3	2	7,6	3,4	4,9	1,4	0,4
фосфор, г	8,7	9,6	2,5	1	1,3	0,4	0,5
магний, г	5,8	4,3	0,9	1,1	1,3	0,6	0,2
калий, г	7,4	10,9	14	13,9	11,7	3,5	4
сера, г	1,5	1,9	1,18	1,7	0,9	0,5	0,2
железо, мг	113	150	240	141	180	120	21
медь, мг	7,5	12	4,4	3	2,8	1,3	1,6
цинк, мг	67	81	20	20	10	8	3,3
кобальт, мг	0,12	0,16	0,2	0,17	0,11	0,06	0,04
марганец, мг	57	118	50	90	34	15	10
йод, мг	0,13	0,12	0,28	0,27	0,09	0,06	0,02
каротин, мг	3,5	2,6	30	4	25	20	0
Урожайность и, кг/га	ячмень-2500 овес-2300 кукуруза-5000 пшеница-2600 подсолнечник-2000	-	4000	4000	9000	40000	23000

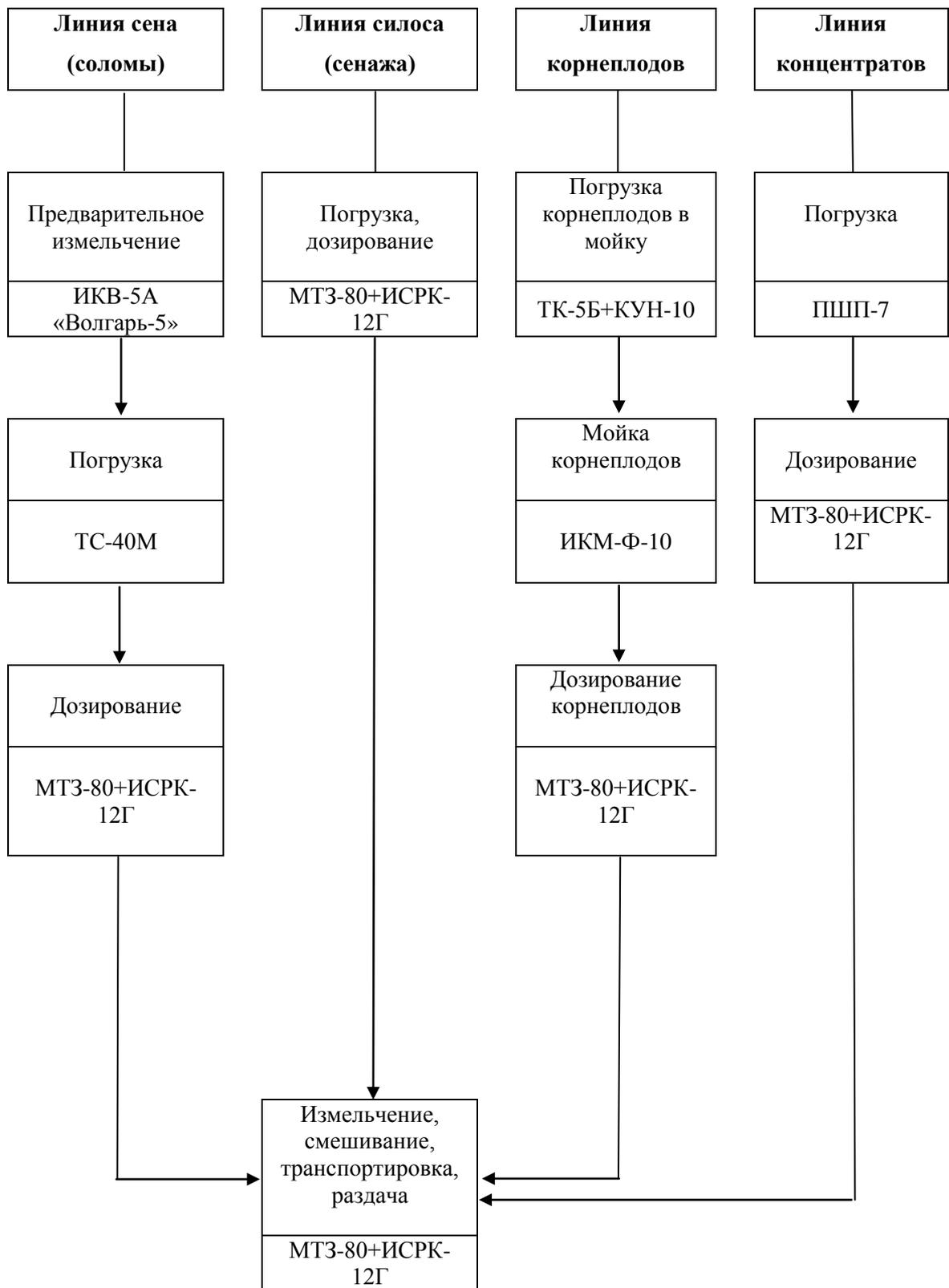


Рисунок 2 - Схема кормоприготовления на базе измельчителя-смесителя-раздатчика ИСПК-12Г

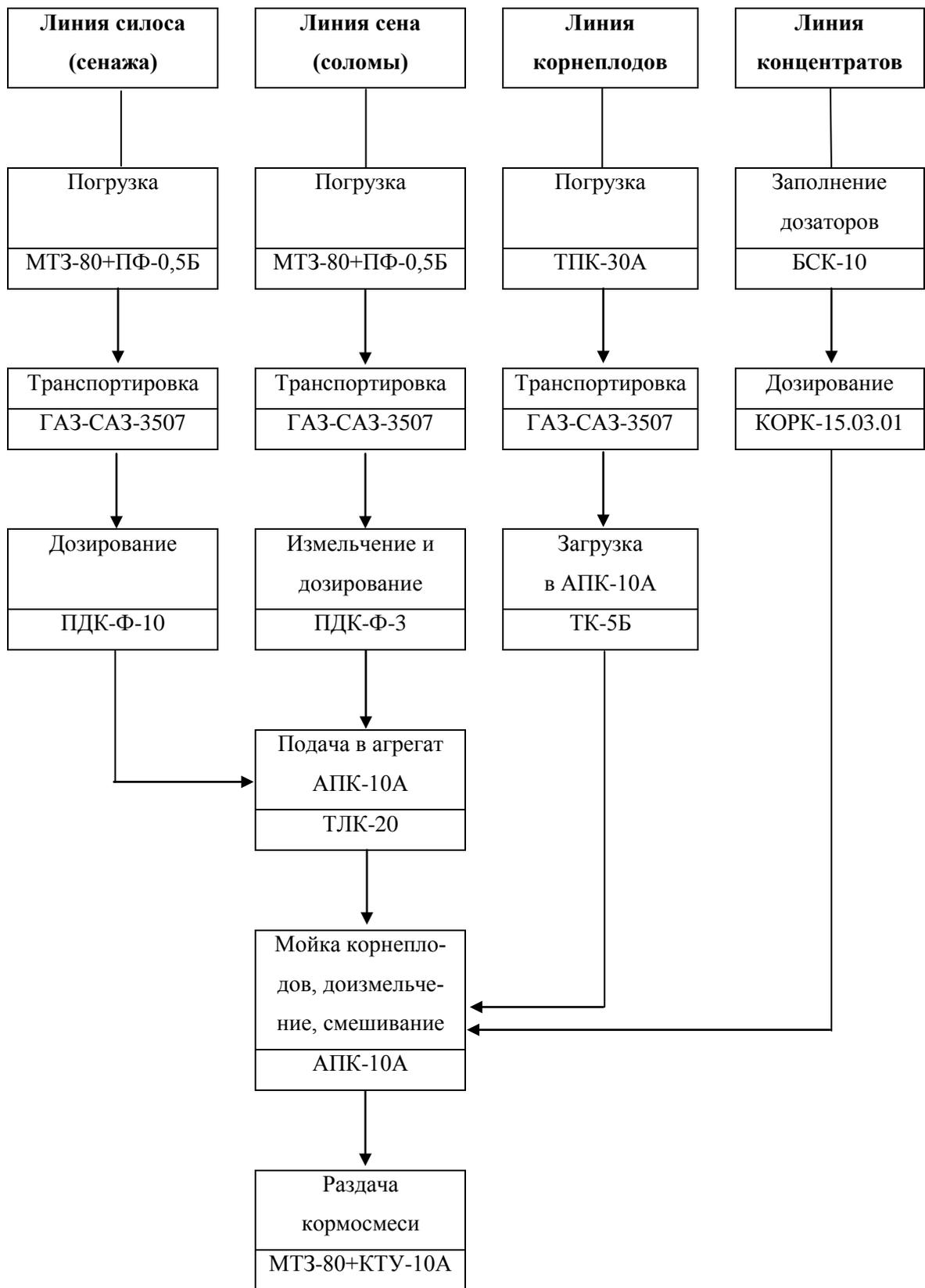


Рисунок 3 - Схема кормоприготовления на базе агрегата АПК-10А

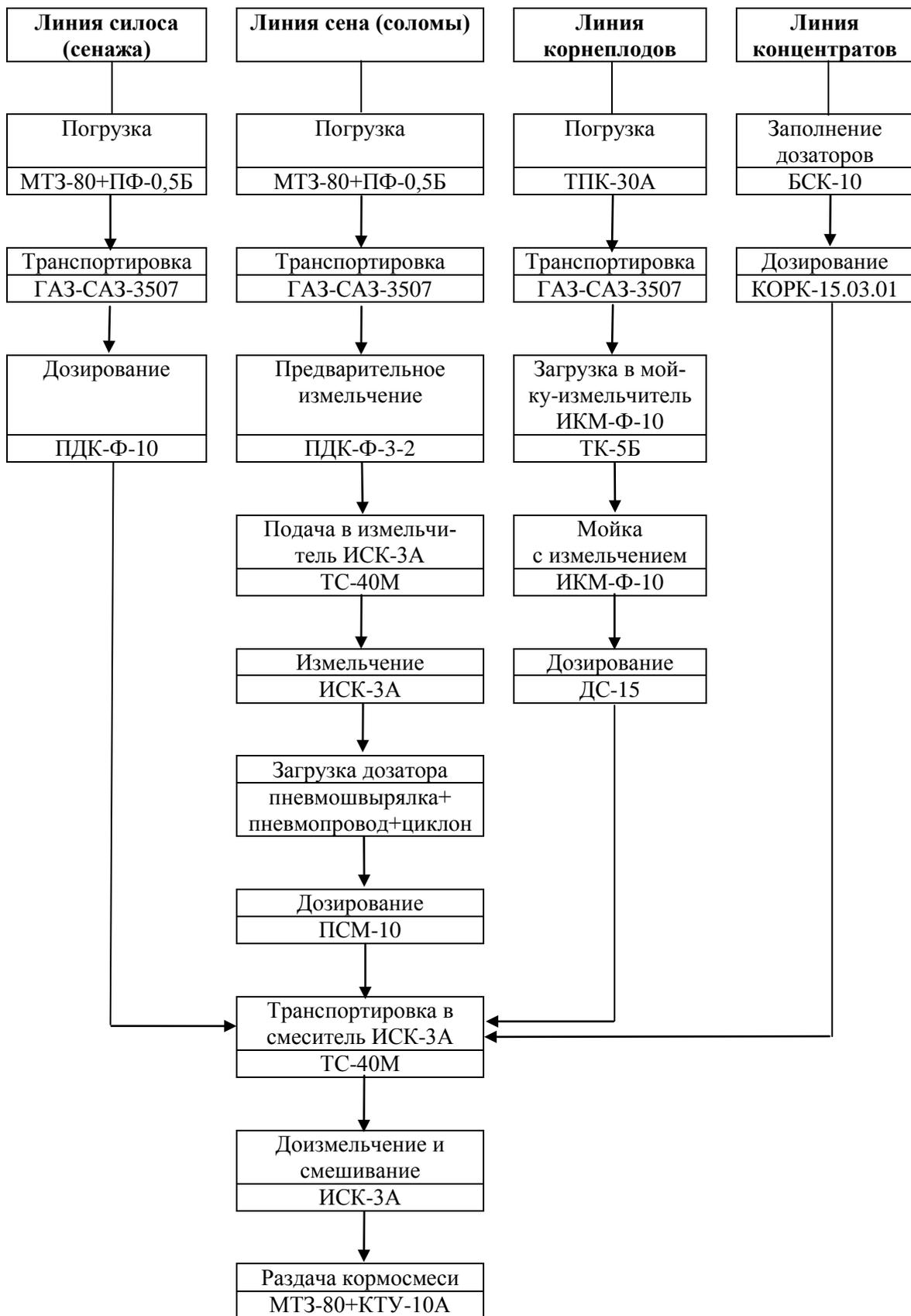


Рисунок 4 - Схема кормоприготовления на базе кормоцеха КОРК-5

Технические характеристики машин приняты на основании, а часть определена расчетным путем. Принято расстояние переездов между хранилищами кормов для ИСРК-12Г – до 100 м, расстояние переезда от хранилищ и кормоцеха до коровника – до 200 м.

Приняты следующие типовые проекты зданий, сооружений и хранилищ кормов:

- коровник на 200 голов, т.п. 801-2-17, габаритные размеры 21x72 м;
- силосная траншея на 1000 т, т.п. 811-29, габаритные размеры 12x36 м;
- сенажная траншея на 250 т, т.п. 811-29, габаритные размеры 6x16,5 м;
- корнеплодохранилище на 900 т, т.п. 813-102, габаритные размеры 12x36 м;
- навес для хранения сена на 500 т, т.п. 817-150, габаритные размеры 18x30 м;
- склад на 240 т рассыпных и гранулированных кормов, т.п. 813-30/72, габаритные размеры 12x12 м (для варианта на базе ИСРК-12Г);
- кормоприготовительная со складом комбикорма на 240 т, т.п. 801-425, габаритные размеры 18x55 м (для вариантов на базе АПК-10А и КОРК-5);
- навозохранилище вместимостью на 2000 т, т.п. 801-315, габаритные размеры 25x42,5 м;
- склад минеральных удобрений на 60 т, т.п. 817-159, габаритные размеры 10,5x10,7 м.

Значения энергетических эквивалентов приняты на основании. Расход оборотных средств принят на основании данных технологических карт и технических характеристик машин.

2.2.2 Числовая модель

Система основных переменных включает в себя количество кормов, которое может войти в рацион: x_1 - комбикорм К-60; x_2 - отруби пшеничные; x_3 - сено клеверо-тимофеечное; x_4 - солома овсяная; x_5 - силос кукурузный влажностью 70 %; x_6 - кормовая свекла; x_7 - сенаж злаковый разнотравный.

Коэффициенты при переменных целевой функции рассчитываются в процессе работы программы путем перебора расчетных значений составляющих различных вариантов и выбора из их числа наименьших.

Система ограничений записывается на основании данных таблицы 1.

Основные ограничения по содержанию питательных веществ, сухого вещества и обменной энергии в рационе имеют вид:

- 1) по содержанию кормовых единиц, к.е.,
 $0,96x_1 + 0,75x_2 + 0,50x_3 + 0,31x_4 + 0,24x_5 + 0,12x_6 + 0,29x_7 \geq 12,52$;
- 2) по содержанию обменной энергии, МДж,
 $12,80x_1 + 8,85x_2 + 6,76x_3 + 4,76x_4 + 2,76x_5 + 1,65x_6 + 3,44x_7 \geq 145,94$;
- 3) по содержанию сухого вещества, кг,
 $0,85x_1 + 0,85x_2 + 0,83x_3 + 0,84x_4 + 0,30x_5 + 0,12x_6 + 0,45x_7 \leq 15,69$;
- 4) По содержанию переваримого протеина, г,
 $130x_1 + 97x_2 + 53x_3 + 5x_4 + 17x_5 + 9x_6 + 23x_7 \geq 1253,32$;

5) По содержанию каротина, мг,
 $3,5x_1 + 2,6x_2 + 30x_3 + 4x_4 + 20x_5 + 25x_7 \geq 563,32$;

Дополнительные ограничения по допустимым границам содержания отдельных групп кормов в рационе и по удельному весу отдельных видов кормов в соответствующей группе:

6) Содержание концентрированных кормов, кг,
 $2 \leq x_1; x_2 \leq 4$;

7) Содержание сена, кг,
 $2 \leq x_3 \leq 6$;

8) Содержание силоса, сенажа, корнеплодов, кг,
 $5 \leq x_5 + x_6 + x_7 \leq 20$;

9) Содержание соломы в грубых кормах, кг,
 $x_4 \leq 0,2(x_3 + x_4)$.

После преобразования неравенство будет иметь вид:
 $0,8x_4 - 0,2x_3 \leq 0$.

Вспомогательные ограничения, обозначающие пределы питательности рациона по отдельным питательным веществам и видам кормов:

10) По содержанию сахара, г,
 $855 \leq 20x_1 + 47x_2 + 30x_3 + 3x_4 + 1,7x_5 + 40x_6 + 10,5x_7 \leq 1128,32$;

11) По содержанию сырой клетчатки, г,
 $37x_1 + 88x_2 + 265x_3 + 364x_4 + 90x_5 + 9x_6 + 8x_7 \leq 4050$

12) По общей питательности грубых и сочных кормов, МДж обменной энергии,

$$0,50x_3 + 0,31x_4 + 0,24x_5 + 0,12x_6 + 0,29x_7 \geq 145,94 \cdot 0,7$$

или после преобразования

$$0,50x_3 + 0,31x_4 + 0,24x_5 + 0,12x_6 + 0,29x_7 \geq 102,16$$

Остальные ограничения, обеспечивающие работу программы, вводятся в опции «Поиск решения» Excel.

Значения составляющих удельных энергозатрат определяются в процессе работы программы по формулам (18)...(34) с использованием исходных данных, представленных на этом же рабочем листе программы.

Дополнительные множители q_j^* и g_j^* , принимающие значения только «0» или «1», служат для обеспечения выбора одного из трех возможных вариантов технологий.

Общий вид записи программы с результатами расчета представлен в приложении Б. С целью сокращения объема распечатки в программе ячейки, заведомо содержащие нулевые значения при определении энергозатрат на здания, сооружения, склады и оборотные средства удалены.

2.2.3 Анализ полученных результатов

2.2.3.1 Анализ оптимального рациона

В оптимальный рацион вошли не все корма, а только те, наличие которых позволяет полностью удовлетворить потребности животного в питательных веществах и энергии при выполнении всех заданных ограничений и минимальных энергозатратах на производство кормового сырья и приготовление кормов.

Проанализируем состав полученного рациона (табл. 2, 3, 4). Данные табл. 2 показывают, что рацион точно сбалансирован по содержанию сырой клетчатки, крахмала, серы и сахара. Содержание в рационе кормовых единиц превышает нижнюю границу на 1,03 к.е., обменной энергии на 14,74 МДж, каротина на 83,43 мг, переваримого протеина на 20,33 г. Эти отклонения соответствуют зоотехническим нормам и не окажут вредного влияния на состояние и продуктивность животных.

Структура рациона (рис. 5), которая определяет тип кормления животных, показывает, что рацион является объемисто-концентратным, так как в нем преобладают объемистые корма (сено, силос, сенаж, кормовая свекла).

На основании табл. 4 можно сделать вывод, что потребность в обменной энергии, сухом веществе, каротине, сырой клетчатке удовлетворяется в основном за счет грубых кормов, в сахаре – за счет сочных, в крахмале – за счет концентрированных.

В структуре энергозатрат наибольший удельный вес занимают концентрированные корма, хотя их вклад в общую питательность рациона наименьший. Энергозатраты на одну кормовую единицу рациона составляют 7,02 МДж, на один МДж обменной энергии – 0,59 МДж, на один килограмм массы кормосмеси – 2,14 МДж.

Соотношения отдельных видов кормов внутри групп соответствуют нормам, заданным ограничениями. Структура рациона характеризуется высоким удельным весом грубых кормов, что связано с их большой энергетической эффективностью (рис. 6).

Таблица 2 - Результаты решения задачи оптимизации рациона
(решение оптимальное: $E_P = 91,5$ МДж)

Содержится в рационе	Состав рациона					
	комби-корм К-60 $X_1=2,22$ кг	отруби пшеничные $X_2=2,81$ кг	сено клеv.-тимоф. $X_3=2,00$ кг	силос кукурузный $X_5=8,54$ кг	свекла кормовая $X_6=12,56$ кг	сенаж злаково-разнотрав. $X_7=14,65$ кг
кормовых единиц	2,13	2,11	1,0	2,03	1,5	4,23
обменной энергии, МДж	21,51	24,8	13,52	23,38	20,58	50,1
сухого вещества, кг	1,9	2,4	1,66	2,54	1,5	6,55
переваримого протеина, г	280	272,5	106	144	112,26	334,7

Продолжение таблицы 2

каротина, мг	7,77	7,3	60	169,4	0	363,8
сахара, г	113	132,1	60	14,4	499	334,7
сырой клетчатки в сухом веществе, кг	91	247,3	530	762,5	112,26	2284,82
сырого протеина, г	348,5	423,2	196	254,2	162,16	669,4
крахмала, г	1132	0	22	211,8	37,42	218,3
сырого жира, г	82,14	115	50	101,6	12,47	145,5
кальция, г	11,8	5,6	15,2	11,86	5	71,3
фосфора, г	19,3	27	5	3,38	6,23	18,9
магния, г	12,87	12,05	1,8	5,08	2,5	18,9
калия, г	16,4	30,5	28	29,68	49,9	170,3
серы, г	3,33	5,3	2,36	4,23	2,5	13,1
железа, мг	251	420,4	480	1016,7	262	2619,5
меди, мг	16,6	33,6	8,8	11,02	20	40,74
цинка, мг	149	227	40	67,78	41,16	145,5
кобальта, мг	0,26	44,6	0,4	0,51	0,5	1,6
марганца, мг	126	330,7	100	127,1	124,74	494,8
йода, мг	0,29	0,33	0,56	0,51	0,25	1,31
Энергозатраты на производство кор- мов, МДж/кг	4,96	3,43	2,89	1,24	2,73	1,42
Энергозатраты на производство раци- она, МДж	11,01	9,64	5,78	10,59	34,29	20,80

Таблица 3 - Характеристика ограничений

Ограничения по содержанию в рационе	Нижняя граница	Верхняя граница	Сумма	Отклоне- ние	Оценка
кормовых единиц	12,52	-	13,55	+1,03	- 0
обменной энергии, МДж	145,94	-	160,68	+14,74	- 0
сухого вещества, кг	15,69	-	16,92	+1,23	9,25
переваримого протеина, г	1253,32	-	1273,65	+20,33	- 0,19
каротина, мг	563,32	-	646,75	+83,43	- 0
сахара, г	1128,32	-	1128,32	0	- 0,01
сырой клетчатки в сухом веще- стве, кг	-	4050	4050	0	0
сырого протеина, г	1898	-	2084,79	+186,79	
крахмала, г	1623,56	-	1623,56	0	
сырого жира, г	398,33	-	548,01	+149,68	
кальция, г	88,98	-	111,23	+22,25	
фосфора, г	62,99	-	77,68	+14,69	
магния, г	24	-	51,93	+27,93	
калия, г	95,98	-	309,42	+213,44	
серы, г	31	-	31	0	
железа, мг	1000	-	5194,85	+4194,85	
меди, мг	111,32	-	131,18	+19,86	
цинка, мг	655	-	687,2	+32,2	
кобальта, мг	3,5	-	3,76	+0,26	
марганца, мг	751,68	-	1293,66	+541,98	
йода, мг	3,2	-	3,33	+0,13	
Питательность рациона, прихо- дящаяся на сочные и грубые корма, МДж обменной энергии	112,48	-	115,23	+2,75	

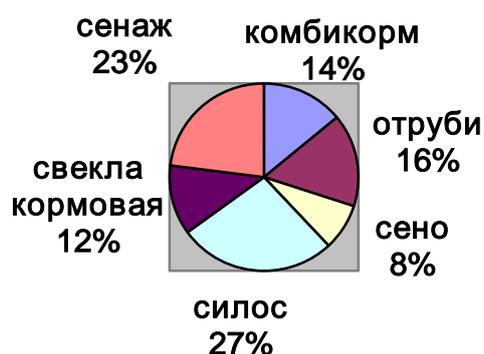


Рисунок 5 - Структура оптимального суточного рациона (по питательности)

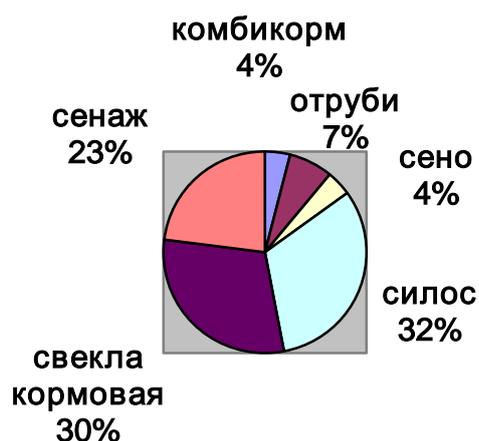


Рисунок 6 - Структура оптимального суточного рациона (по массе)

Рассмотрим значения энергозатрат, приходящиеся на единицу питательного вещества каждого корма, для определения его энергетической эффективности (табл. 5).

В табл. 5 все корма, вошедшие в оптимальный кормовой рацион, выделены жирным шрифтом. Энергетическая стоимость единицы питательного вещества определялась на основании таблицы 8 путем деления энергозатрат на производство и дополнительную обработку кормового сырья на содержание в нем питательных веществ.

Состав оптимального кормового рациона формировался в основном по энергетической стоимости сухого вещества, переваримого протеина и сахара, как наиболее дефицитных элементов питания.

Концентрированные корма вошли в рацион в полном составе, так как, несмотря на их наибольшую энергетическую стоимость, они имеют наибольшую питательность и концентрацию обменной энергии, сухого вещества и переваримого протеина.

Исключение соломы из рациона объясняется влиянием наложенных ограничений по общей питательности групп кормов и сравнительно не высоким содержанием переваримого протеина, каротина и сахара.

Таблица 4 - Состав и структура оптимального рациона

Элементы питания		Группы кормов			
		концентраты	грубые	сочные	итого
кормовые единицы	к.е.	4,13	4,13	5,29	13,55
	%	30,5	30,5	39	100
обменной энергии	МДж	45,49	50,6	64,63	160,68
	%	28,3	31,5	40,2	100
сухого вещества	кг	3,85	6,51	6,2	16,92
	%	22,7	38,5	38,8	100
переваримого протеина	г	538,15	353,94	381,95	1273,65
	%	42,3	27,8	29,9	100
каротина	мг	14,67	329,5	302,6	646,75
	%	2,3	51	46,7	100
сахара	г	240,45	307,94	580,12	1128,32
	%	21,3	27,3	51,4	100
сырой клетчатки в сухом веществе	кг	341,6	2222,46	1486,44	4050
	%	8,4	54,9	36,7	100
сырого протеина	г	759,45	691,88	634,08	2084,79
	%	36,4	33,2	30,4	100
крахмала	г	1020	183,7	419,83	1623,56
	%	62,8	11,3	25,9	100
сырого жира	г	194,95	157,8	195,42	548,01
	%	35,6	28,8	35,6	100
кальция	г	16,5	68,02	26,72	111,23
	%	14,8	61,2	24	100
фосфора, г	г	45,72	19,01	12,98	77,68
	%	58,9	24,5	16,6	100
магния	г	24,28	15,81	11,85	51,93
	%	46,8	30,4	22,8	100
калия	г	46,95	154,13	108,44	309,42
	%	15,2	49,8	35	100
серы	г	8,6	12,06	10,33	31
	%	27,7	38,9	33,4	100
железа	мг	668,5	2420,4	2106,66	5194,85
	%	12,9	46,6	40,5	100
меди, мг	мг	50,4	38,98	41,84	131,18
	%	38,4	29,7	31,9	100
цинка	мг	372,95	147,8	166,78	687,2
	%	54,3	21,5	24,2	100
кобальта	мг	0,71	1,58	1,46	3,76
	%	18,9	42	39,1	100
марганца	мг	462,1	466,52	365,6	1293,66
	%	35,7	36,1	28,2	100
йода	мг	0,61	1,53	1,19	3,33
	%	18,3	45,9	35,8	100

Таблица 5 - Энергетическая стоимость элементов питания кормов
(в МДж)

Корма	Элементы питания									
	1 кор- мовая еди- ница	1 МДж обмен- ной энергии	1 кг сухого веще- ства	1 г пере- вари- мого проте- ина	1 мг каро- тина	1 г сахара	1 г сырой клет- чатки	1 г сырого проте- ина	1 г крахма- ла	1 г сы- рого жира
<i>Концентри- рованные:</i>	62,08	5,64	60,94	0,48	17,48	1,07	0,75	0,34	0,25	1,32
комбикорм	88,91	8,81	100,41	0,68	24,38	1,68	2,08	0,54	0,17	2,31
отруби	38,73	3,28	34,71	0,3	11,17	0,62	0,33	0,19	-	0,71
<i>Грубые:</i>										
сено	5,45	0,44	3,45	0,06	0,07	0,22	0,01	0,03	0,12	0,14
клеверо- тим.	0,72	0,53	4,33	0,07	0,12	0,12	0,01	0,04	0,33	0,14
солома овс.	4,1	0,24	1,53	0,07	0,32	0,32	0,004	0,03	0,29	0,07
сенаж	4,9	0,41	3,16	0,06	0,06	0,06	0,01	0,03	0,1	0,14
<i>Сочные:</i>										
силос	14,81	1,22	12,74	0,21	0,26	0,14	0,05	0,12	0,19	0,4
кукурузный	6,04	0,53	4,83	0,09	0,07	0,9	0,02	0,05	0,06	0,12
свекла	34,33	2,5	34,33	0,46	-	0,1	0,46	0,32	1,37	4,12
кормовая										

Коэффициент биоэнергетической эффективности технологий составил 1,69, а коэффициент биоконверсии энергии рациона – 0,20.

Для обеспечения кормовой базы необходимо иметь 559 га посевных площадей (табл. 6).

Таблица 6 – Посевные площади и урожайность культур

Культура	Посевная площадь, га	Урожайность, т/га
ячмень	8	2,5
овес	7	2,3
кукуруза на зерно	10	5,0
озимая пшеница	413	2,6
подсолнечник	4	2,0
травы на сено	17	5,0
кукуруза на силос	9	40
кормовая свекла	23	23
травы на сенаж	68	9,0
ИТОГО	559	

2.2.3.2 Энергетический анализ технологий производства кормового сырья

Для каждого вида кормового сырья в программе были заложены данные по трем вариантам состава технологических комплексов при одинаковой технологии его производства для всех вариантов. Результаты расчета представлены в табл. 7.

Данные таблицы 7 показывают, что разница по вариантам составляет не более 12 % за исключением уборки соломы, для которой рассмотрели три возможные технологии, что и дало разницу в пределах 33...54 %.

Проанализируем составляющие энергозатрат для выяснения наиболее значимых (рис. 7).

Таблица 7 - Результаты расчета энергозатрат на производство кормового сырья

Вид корма	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	в МДж/га	в %	в МДж/га	в %	в МДж/га	в %
Комбикорм К-60	172403	100,0	177938	103,2	173306	100,5
Отруби пшеничные	59815	100,7	59907	100,9	59390	100,0
Сено клеv.-тимоф.	14354	102,1	14057	100,0	14281	101,6
Солома овсяная	3079	100,0	4743	154,0	4107	133,3
Силос кукурузный	50431	102,8	50469	102,9	49064	100,0
Свекла кормовая	65203	106,4	63293	103,3	61289	100,0
Сенаж злак.-разн.	13785	111,9	12316	100,0	13777	111,8

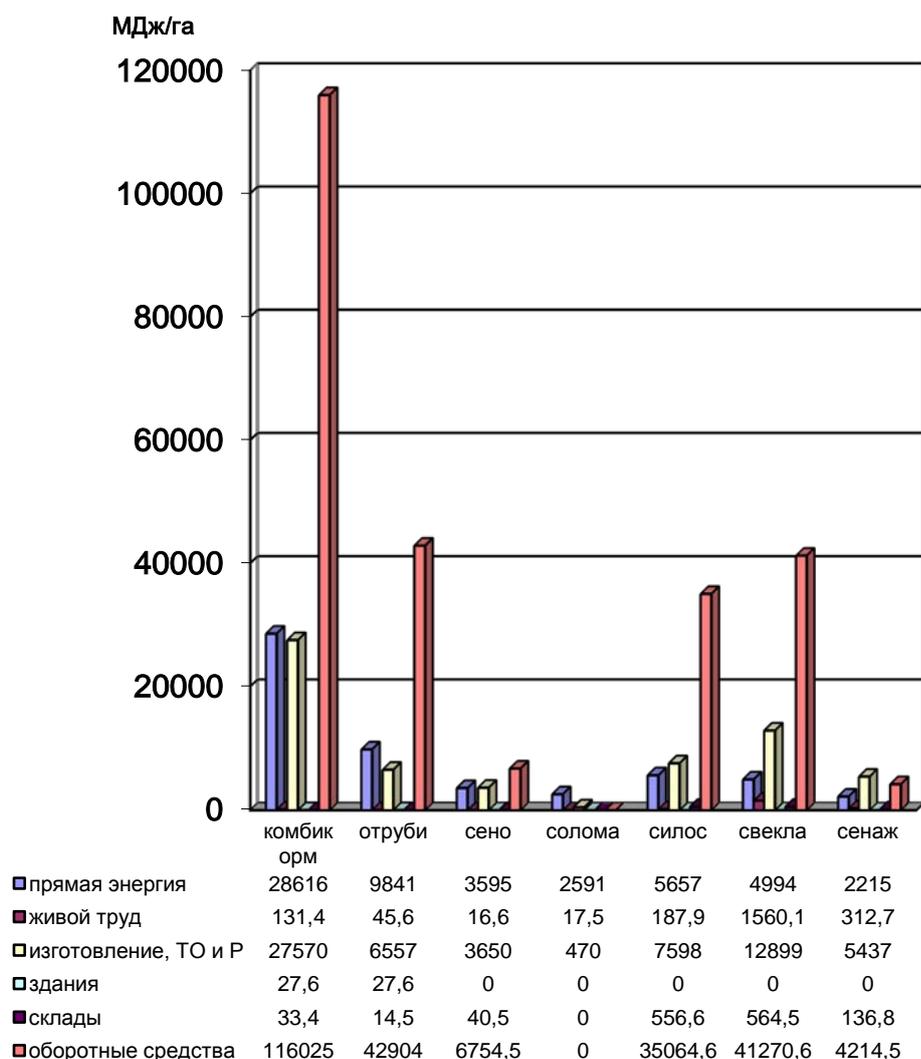


Рисунок 7 - Составляющие совокупных энергозатрат при производстве кормового сырья для приготовления кормосмеси

Анализ данных показывает, что основным резервом снижения совокупных энергозатрат при производстве кормового сырья является рациональное использование оборотных средств, что связано с их большой энергоемкостью (от 34 до 72 %). Основная доля энергозатрат оборотных средств приходится на минеральные удобрения. Процентное соотношение составляющих представлено в табл. 8.

Таблица 8 - Соотношение составляющих энергозатрат (в % округленно)

Вид корма	Прямая энергия	Живой труд	Изготовление машин, ТО и Р	Здания	Склады	Оборотные средства
Комбикорм	17	0,001	16	0,0001	0,0001	67
Отруби	17	0,001	11	0,0005	0,0002	72
Сено	26	0,001	26	-	0,003	48
Солома	85	0,5	14	-	-	-
Силос	12	0,004	16	-	1	71
Свекла	8	3	21	-	0,01	68
Сенаж	18	3	44	-	1	34

Анализ показателей технологических комплексов, представленных в программе расчета, показывает, что на операциях вспашки, культивации, посева по расходу топлива на гектар преимущество имеют агрегаты на базе трактора ДТ-75М; внесение минеральных удобрений – разбрасыватель РУМ-5 с трактором МТЗ-80, органических – Т-150К и ПРТ-10; лушение стерни – трактор Т-150К и луцильник ЛДГ-15; уборка зерновых – комбайн СКД-6 с жаткой ЖВН-15 и автомобиль ЗИЛ-130; уборка кормовых культур – косилка КПС-5Г и комбайн КСК-100; уборка ботвы свеклы – МТЗ-80 и МБК-2,7, корней – комбайн – МКК-6; уборка соломы – Т-150К с волокушей ВТН-8, скирдорез СНТ-7 и погрузчик ПФ-0,5.

По затратам на изготовление, ТО и ремонт преимущество в целом имеют более производительные агрегаты и в случае небольшой разницы в расходе топлива они обеспечивают меньшие совокупные энергозатраты на производство.

2.2.3.3 Энергетический анализ технологий приготовления кормов

Для каждого вида корма в программе были заложены данные по трем технологиям его обработки: 1) на базе измельчителя-смесителя-раздатчика кормов ИСРК-12Г; 2) в кормоцехе на базе агрегата АПК-10А с раздачей КТУ-10А; 3) в кормоцехе КОРК-5 с раздачей КТУ-10А. Результаты расчета представлены в табл. 9.

Таблица 9 - Энергозатраты на приготовление кормов

Вид корма	ИСРК-12Г		АПК-10А		КОРК-5	
	в кДж/кг	в %	в кДж/кг	в %	в кДж/кг	в %
Комбикорм К-60	243	100	311	128	271	112
Отруби пшеничные	7	100	29	414	21	300
Сено клеv.-тимоф.	120	100	207	173	175	146
Солома овсяная	136	100	198	146	253	186
Силос кукурузный	32	100	107	334	94	294
Свекла кормовая	37	100	68	184	70	189
Сенаж злак.-разнотр.	48	100	162	338	132	275
Всего на оптимальный рацион, МДж	2,24	100	5,32	237	4,63	207

Данные таблицы 9 показывают, что разница по вариантам приготовления кормов составляет от 12 до 414 % при разнице совокупных энергозатрат на приготовление кормосмеси до 237 %.

Проанализируем составляющие энергозатрат (рис. 8-16).

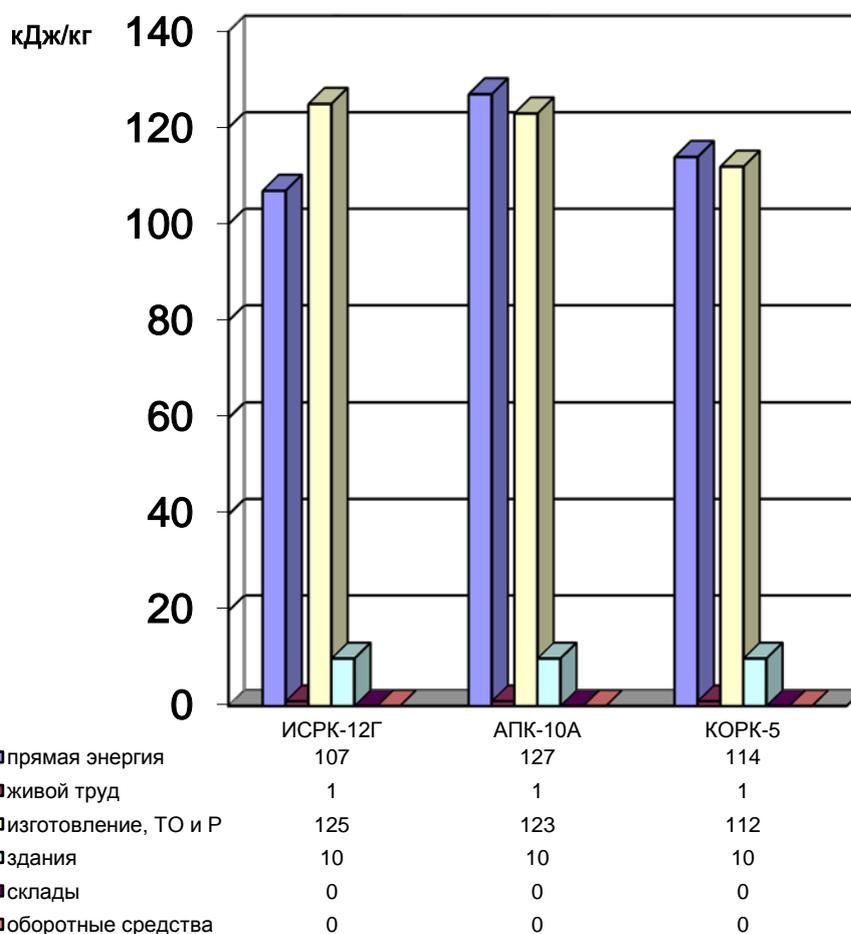


Рисунок 8 - Составляющие совокупных энергозатрат при приготовлении комбикорма К-60

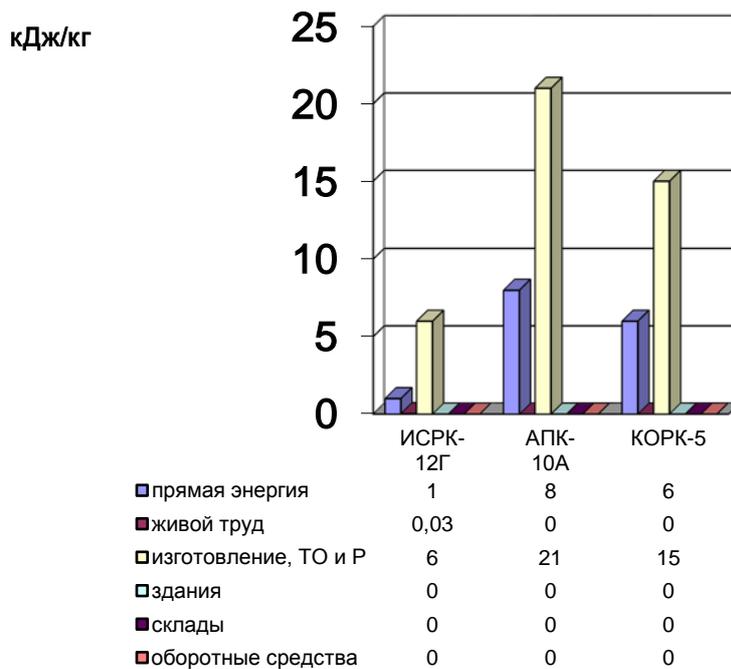


Рисунок 9 - Составляющие совокупных энергозатрат при обработке отрубей пшеничных

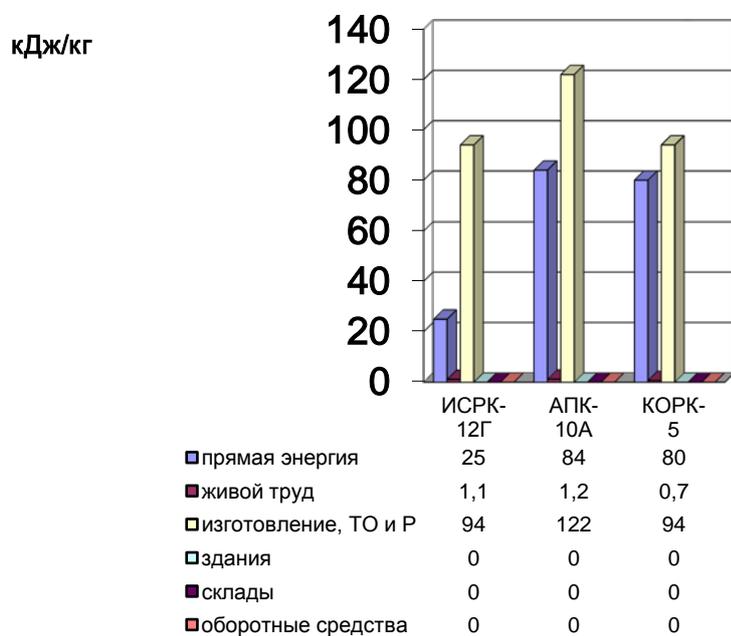


Рисунок 10 - Составляющие совокупных энергозатрат при обработке сена

кДж/кг

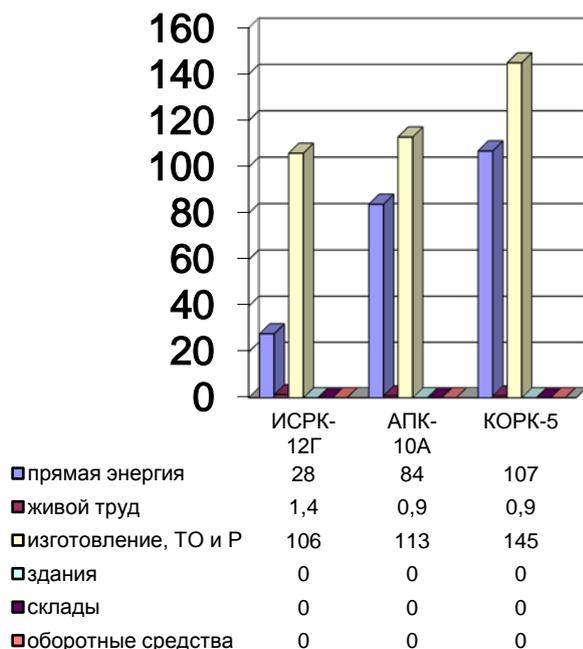


Рисунок 11 - Составляющие совокупных энергозатрат при обработке соломы

кДж/кг

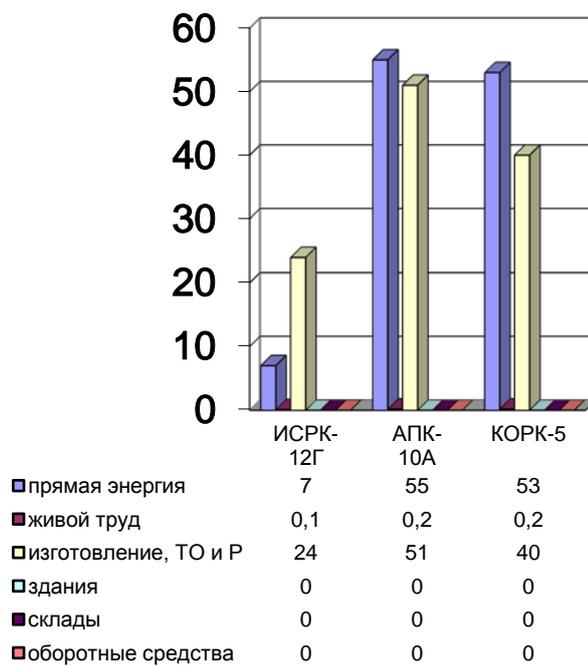


Рисунок 12 - Составляющие совокупных энергозатрат при обработке силоса

кДж/кг

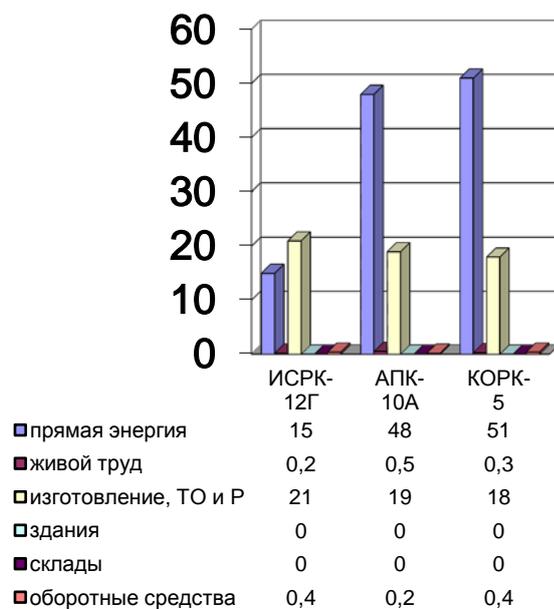


Рисунок 13 - Составляющие совокупных энергозатрат при обработке кормовой свеклы

кДж/кг



Рисунок 14 - Составляющие совокупных энергозатрат при обработке сенажа

кДж

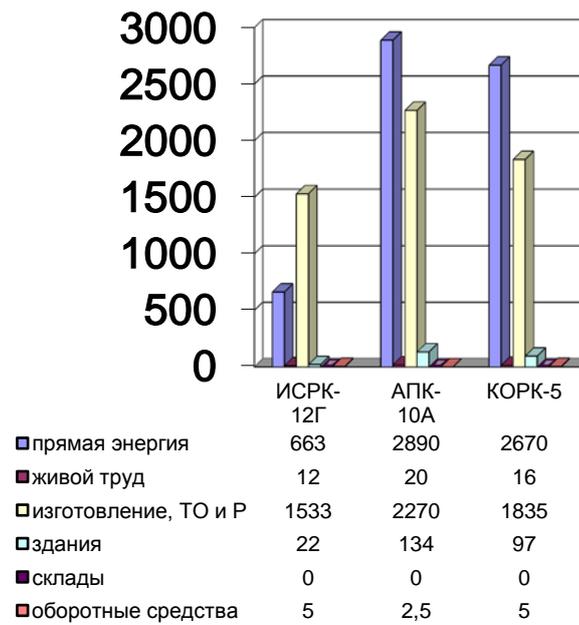


Рисунок 15 - Составляющие совокупных энергозатрат при приготовлении суточного рациона на одну корову

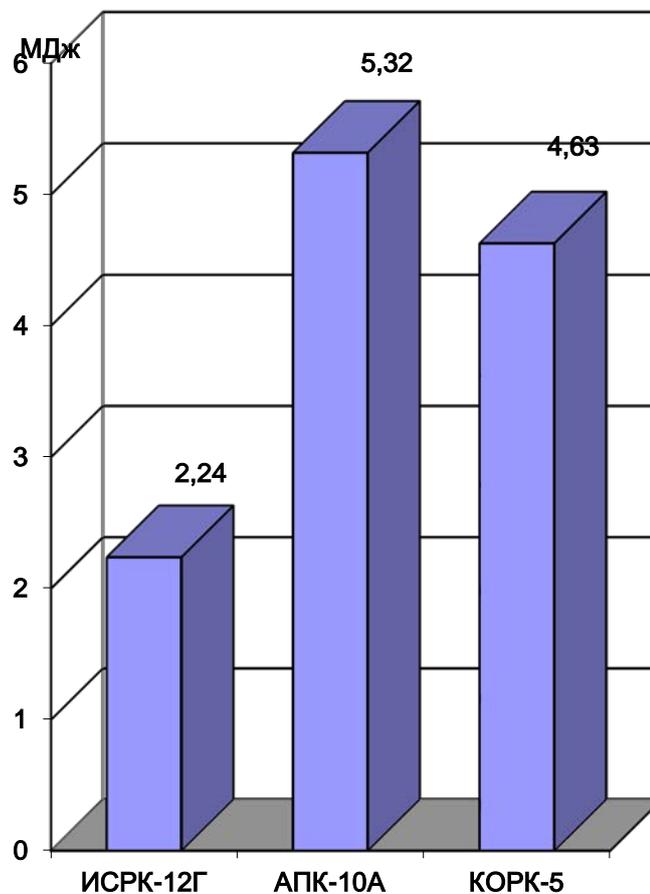


Рисунок 16 - Совокупные энергозатраты при приготовлении суточного рациона на одну корову

Анализ данных показывает, что основным резервом снижения совокупных энергозатрат при приготовлении кормосмеси является сокращение прямых затрат энергии, количества и металлоемкости машин технологических линий. Энергозатраты оборотных средств связаны с расходом воды на мойку корнеплодов. Поэтому основным направлением повышения эффективности технологии обработки корнеплодов является снижение загрязненности корнеплодов при уборке и совершенствование технологического процесса сухой очистки при их обработке.

Соотношение совокупных энергозатрат производства и приготовления кормов в общей энергоемкости рациона представлено на рис. 17.

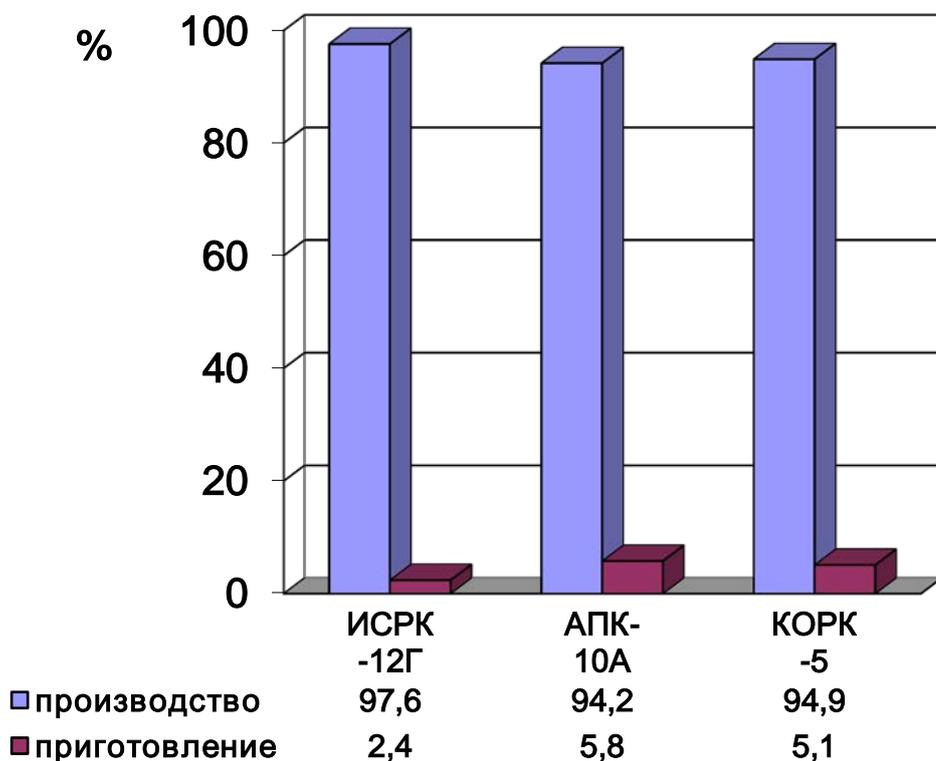


Рисунок 17 - Соотношение совокупных энергозатрат производства и приготовления кормов

Суточные прямые затраты энергии на приготовление кормосмеси на базе ИСРК-12 Г для 200 коров составляют 132,6 МДж.

3. Заключение

Решение проблемы энергосбережения при производстве кормового сырья и приготовлении кормов должно основываться на единой информационной управляющей системе, обеспечивающей комплексное решение задач рационального использования имеющихся производственных средств, материальных и трудовых ресурсов для получения требуемых видов продукции заданных количества и качества при минимальных трудовых, материальных, энергетических затратах и наименьшем негативном влиянии на природную среду.

Анализ технологических схем производства и приготовления кормов показывает целесообразность применения комбинированных машин, каждая из которых представляет законченную однопоточную технологическую линию, соответствующую принципам энергосбережения.

Иерархия задач энергосбережения при приготовлении кормов должна включать пять последовательных уровней их решения: энергетические оценки рациона, технологии и состава ПТЛ производства кормового сырья, технологии и состава ПТЛ приготовления кормов, обоснование параметров и режимов работы кормоприготовительных машин, оценку энергетических показателей технологических процессов.

Основным резервом снижения совокупных энергозатрат при производстве кормового сырья является рациональное использование оборотных средств, что связано с их большой энергоемкостью (до 72 %). Основная доля энергозатрат оборотных средств приходится на минеральные удобрения.

Основным резервом снижения совокупных энергозатрат при приготовлении кормосмеси является сокращение прямых затрат энергии (от 30 до 58 %), количества и металлоемкости машин технологических линий (от 68 до 40 % по рассматриваемым вариантам).

Установлено, что состав технологических линий приготовления кормов, полученный по энергетическим критериям, будет оптимальным и с экономической точки зрения, в том числе при анализе по составляющим затрат.

В результате выполненных исследований разработана методика информационно-консультационной деятельности по оценке энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов.

Методика включает перечень необходимой исходной информации для осуществления информационно-консультационной деятельности по оценке энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов, математическую модель оценки энергоемкости технологических процессов производства кормового сырья и приготовления кормов, компьютерную программу в среде Microsoft Excel для ее реализации.

На основе приведенного примера определения энергоемкости производства кормового сырья и приготовления кормов показана методика анализа энергоемкости сельскохозяйственного производства, пути снижения его энергоемкости.

Использование данной методики позволяет на 10-15 % снизить энергоемкость производства за счет его оптимизации по критериям энергосбережения.

4. Список использованных источников

1. Баутин, В.М. Информационно-консультационная служба должна ориентироваться на инновации // Известия ТСХА. - 2012. - №2. - С. 5-13.
2. Веселовский, М.Я. Социально-экономические предпосылки формирования ИКС // Аграрная Россия. - 2011. - №5. - С. 21-27.
3. Гладышев, Г.П. О термодинамической направленности биологической эволюции / Г.П. Гладышев // Известия АК РАН. Серия биологическая. - 1995. - № 1. - Т. 22. - С. 5.
4. Гладышев, Г.П. Термодинамическая теория эволюции живых существ / Г.П. Гладышев. – М.: Луч, 1996.
5. Консультационное обеспечение АПК Брянской области / Ториков В.Е. - Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. - 2009. - № 3. - С. 13-20.
6. Купреенко, А.И. Энергетическая оценка технологий заготовки и приготовления кормов / А.И. Купреенко. – Брянск: Изд. БГСХА, 2005. – 100 с.
7. Купреенко, А.И. Коэффициент биоконверсии кормов как критерий обоснования рациона / А.И. Купреенко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Изд. БГСХА, 2005. - С. 19-22.
8. Купреенко, А.И. Модернизация измельчителя / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев // Сельский механизатор. – 2006. - № 6. – С. 35.
9. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции животноводства. / Под общей ред. Е.И. Базарова, Е.В. Глинки. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 44 с.
10. Мырнин, Ю.Н. Техничко-экономический анализ машин и приборов / Ю.Н. Мырнин, К.А. Грачева, Ю.В. Скворцов [и др.] – М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
11. Организация информационно-консультационной службы в АПК (под ред. Клименко Ю.И.) / Учебное пособие. - М.: Издательство МСХА. - 2011. – 56 с.
12. Организация и функционирование информационно-консультационной службы для сельских товаропроизводителей (под ред. В. М. Кошелева) / Учебное пособие. -М.: Издательство МСХА. - 2010. – 45 с.
13. Поединок, В.Е. Комплексная механизация заготовки кормов / В.Е. Поединок. – М.: Агропромиздат, 1986. – 222 с.
14. Практикум по кормлению сельскохозяйственных животных / Е.А. Петухова, Н.Т. Емелина, В.С. Крылова [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 253 с.
15. Романова, Н.С. Береснева, Е.И. Создание информационных служб АПК в рамках проекта поддержки осуществления реформы в сельском хозяйстве (АРИС) // Информ. бюл. МСХП РФ. - М.: Информагротех. - 2007. - №7.- С. 12-21.
16. Свентицкий, И.И. Аграрно-экологические знания и закон выживания / И.И. Свентицкий // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1991. № 12. - С. 71-76.

17. Свентицкий, И.И. Закон биоэнергетической направленности живых систем и его приложения / И.И. Свентицкий // Новые идеи в энергетике: науч. труды ВИЭСХ. Т. 85. – М.: ВИЭСХ, 1999. - С. 77-107.
18. Свентицкий, И.И. К обоснованию биоэнергетической направленности структур и функций живых систем. / И.И. Свентицкий. – М., 1977. - Деп. во ВИНТИ, № 3204.
19. Свентицкий, И.И. Принципы энергосбережения в АПК. Естественнонаучная методология / И.И. Свентицкий. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2001. – 192 с.
20. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – М.: Колос, 1992. – 190 с.
21. Сельскохозяйственная техника. Каталог. Том III. – М.: Информагротех, 1992. – 256 с.
22. Соловьева, Н.Ф. Основные направления развития технических средств для заготовки кормов / Н.Ф. Соловьева. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 96 с.
23. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Т. 1 / Всесоюзн. науч.-исслед. ин-т экономики сел. хоз-ва (ВНИЭСХ). – М.: Агропромиздат, 1990. – 352 с.
24. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Т. 2 / Всесоюзн. науч.-исслед. ин-т экономики сел. хоз-ва (ВНИЭСХ). – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
25. Ториков, В.Е. Опыт и перспективы развития информационно-консультационной службы АПК Брянской области / В.Е. Ториков, Н.Д. Ульянова, А.А. Осипов. - Ваш сельский консультант. - 2016. - № 1. - С. 20 - 26.
26. Шатилов, И.С. Программирование плодородия почвы, высокой продуктивности, хорошего качества с одновременным сохранением внешней среды / И.С. Шатилов // Аграрная наука. - 1993. - № 3. - С. 11-13.
27. Шпаар, Д. Химическая защита растений и экология / Д. Шпаар // Аграрная наука. - 1997. - № 5. - С. 15-18.
28. Шпилько, А.В. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства / А.В. Шпилько [и др.]. – М.: РАСХН, 2001. – 346 с.

5. Приложение

Скрин-шот листинга программы оценки энергоёмкости производства кормового сырья и приготовления кормов

приложение 1дисс+ ИКВ [Только для чтения] [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид

Times New Rom 14 Ж К Ч Шрифт Выравнивание Число

Общий Условное форматирование Форматировать как таблицу Стиль Ячейки

Вставить Удалить Формат

Сортировка Найти и выделить

Буфер обмена

R34 fx

обоснование рациона и состава технологических линий заготовки (производства) и приготовления кормов																																				
переменные																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.	корм.		
корм. ед.	0,96	0,75	0,5	0,31	0,24	0,12	0,29	13,04	>=	12,52	к.е.																									
обм. зерн.	9,69	8,85	6,76	5,38	2,76	1,65	3,44	154,58	>=	145,94	МДж																									
сух. веш.	0,85	0,85	0,83	0,83	0,3	0,12	0,45	16,60	>=	15,69	кг																									
пер. прот.	126	97	53	17	17	9	23	1253,32	>=	1253,32	г																									
каротина	3,5	2,6	30	4	20	0	25	612,12	>=	563,32	мг																									
сос. соломы	0	0	-0,2	0,8	0	0	0	-0,40	<=	0																										
сахара	50,9	47	30	4	1,7	40	23	1158,80	>=	1128,32	г																									
сыр. клет.	41	88	265	324	90	9	157	4050,00	<=	4050	г																									
пит. гр. и соч.	0	0	6,76	5,38	2,76	1,65	3,44	108,21	>=	108,21	г																									
сыр. прот.	157	151	98	39	30	13	46	2062,12	>=	1898	г																									
крахмал	510	0	11	4,4	25	3	15	1623,56	>=	1623,56	г																									
сырой жир	37	41	25	17	12	1	10	508,90	>=	398,33	г																									
кальций	5,3	2	7,6	3,4	1,4	0,4	4,9	121,33	>=	88,98	г																									
фосфор	8,7	9,6	2,5	1	0,4	0,5	1,3	80,03	>=	62,99	г																									
магний	5,8	4,3	0,9	1,1	0,6	0,2	1,3	53,43	>=	24,00	г																									
калий	7,4	10,9	14	13,9	3,5	4	11,7	326,58	>=	95,98	г																									
сера	1,5	1,9	1,18	1,7	0,5	0,2	0,9	31,00	>=	31,00	г																									
железо	113	150	240	141	120	21	180	5077,88	>=	1000,00	мг																									
медь	7,5	12	4,4	3	1,3	1,6	2,8	131,39	>=	111,32	мг																									
цинк	67	81	20	20	8	3,3	10	672,63	>=	655	мг																									
кобальт	0,12	0,16	0,2	0,17	0,06	0,04	0,11	3,74	>=	3,50	мг																									
марганец	57	118	50	90	15	10	34	1310,02	>=	751,68	мг																									
иод	0,13	0,12	0,28	0,27	0,06	0,02	0,09	3,27	>=	3,20	мг																									
совокупные энергозатраты на производство (заготовку) кормового сырья и приготовление кормов по вариантам											энерг. произв. корм. комбикорма																									
вариант 1	172403	59815	14554	3079	50431	65203	13785				МДж/кг	4,71																								

Готово

Пуск отчеты НИР Расчет рациона и со... Microsoft Excel - при... отчет по ХД № 31Г...

EN 19:32

Учебное издание

Купреенко А.И., Исаев Х.М.

Методика информационно-консультационной деятельности
по оценке энергоемкости производства кормового сырья
и приготовления кормов

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 10.11.2016 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 2,73. Тираж 25 экз. Изд. № 5205.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ