

УДК 621.31
ББК 31.279.1
П-27

Переверзев Игорь Анатольевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация производства и инновационной деятельности» ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», тел.: 8(988)243 11 85, e-mail: igor.pereverzev@mail.ru;

Султанов Георгий Ахмедович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Применения электрической энергии» ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет».

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА АВТОНОМНЫХ СЕЛЬСКИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ (рецензирована)

Статья посвящена проблеме разработки методики оптимизации структуры и состава автономных сельских систем электроснабжения. Разработана и реализована специальная экономико-математическая модель, представленная в виде динамической модели линейного программирования, которая позволяет реализовать задачу в два этапа, на первом из которых для заданных объемов работ из имеющихся машинных альтернатив формировать требуемый состав технических средств животноводства и определять график энергопотребления, а на втором – определять источник электроэнергии, его мощность, время и длительность включения, себестоимость энергии и другие параметры.

Ключевые слова: сельские системы электроснабжения, автономные источники электроснабжения, оптимизация, структура, экономическая эффективность, математическая модель.

Pereversev Igor Anatolievich, Candidate of Economics, assistant professor of the Department of Organization of Production and Innovations of Kuban State Agrarian University, tel.: 8 (988) 243 11 85, e-mail: igor.pereverzev @ mail.ru;

Sultanov George Akhmedovich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Application of Electric Energy of Kuban State Agrarian University.

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE AUTONOMOUS RURAL POWER SYSTEMS (reviewed)

The article is devoted to the development of a methodology to optimize the structure and composition of autonomous rural electricity supply systems. Special economic- mathematical model presented in the form of a dynamic linear programming model, which allows realizing the task in two stages has been developed and implemented. The first stage forms the desired structure of technical means of animal husbandry and determines the schedule of energy consumption for a given workload of the available machine alternatives; and the second determines the source of electric power, its power, time and duty cycle, the cost of energy and other parameters.

Keywords: rural power systems, self-contained power supply, optimization, structure, economic efficiency, mathematical model.

Выбор необходимого перечня автономных источников электроснабжения для животноводческих ферм различных типоразмеров является многовариантной оптимизационной задачей. Для ее решения могут быть использованы методы оценки значимости и допустимости затрат на выполнение определенных технологических операций; оценки качества выполнения технологических операций по вариантам; оценки возможных (прогнозных) затрат на технологические операции по вариантам.

Решение об использовании автономных систем электроснабжения рассматриваемого

производственного объекта должно приниматься на основе синтеза всего технологического процесса в целом с использованием системного подхода. При этом, выполняя возложенные на них функции, выбираемые автономные источники должны иметь технико-эксплуатационные и экономические характеристики, соответствующие общему технологическому процессу. Это обуславливает необходимость использования методических подходов к решению рассматриваемой задачи, позволяющих найти оптимальное соотношение между всеми показателями [1].

Выбор комплекта автономных источников электроснабжения для существующей технологии производства продукции животноводства предполагает одновременный учет многочисленных технических, технологических и организационно-экономических факторов и потому в большинстве случаев является весьма трудоемким процессом и требует высокой квалификации различных специалистов.

В связи с этим, наилучшим подходом к определению оптимального состава автономных источников электроснабжения является разработка и реализация специальных экономико-математических моделей с использованием вычислительной техники.

Модели оптимизации состава технических средств в сельскохозяйственном производстве, которые известны в настоящее время, чаще всего представлены динамическими моделями линейного программирования. Одна из таких моделей – система компьютерного проектирования комплекта техники для животноводства с алгоритмно-программным и информационным обеспечением разработана и успешно эксплуатируется во ВНИПТИМЭСХ [2].

С помощью её можно определять оптимальные перечни технических средств для различных типоразмеров животноводческих ферм. При этом в качестве критерия оптимизации в модели используется показатель минимума приведенных затрат.

При этом оптимизация комплектов машин проводится по всем операциям технологического цикла и конкретного животноводческого объекта. Искомые переменными в данной оптимизационной модели выступают номенклатурные и количественные характеристики технических средств, выполняющих все операции производственного технологического процесса. В процессе оптимизации должны быть соблюдены следующие ограничения: все работы должны быть выполнены в требуемые зоотехнические сроки в соответствии с принятыми технологиями содержания и кормления животных; одновременно не может быть использовано больше машин, чем имеется на ферме; все взаимосвязанные работы необходимо выполнять в определенной последовательности при согласованности способов их применения для принятых технологий. Для каждого рассматриваемого в качестве альтернативы технического средства указываются такие характеристики, как материалоемкость, производительность, энергоёмкость, стоимость и др.

Минимум приведенных затрат принимается в качестве критерия рассматриваемой оптимизационной модели, который, в свою очередь, определяется технико-эксплуатационными и стоимостными характеристиками средств механизации животноводческих процессов, а при определении эффективности механизированных технологий – максимумом прибыли.

Рассматриваемая математическая модель оптимизации комплекта технических средств фермы, с учетом введенных ограничений, имеет вид:

$$Z = \left[\sum_{jtr} Z_{jtp}^r X_{jtp}^r + \sum_{jtf} Z_{jtf}^M X_{jtf}^M \right] \rightarrow \min \quad (1)$$

где X_{jtp}^r – число j-х машин в t-период на i-й операции r-го процесса; Z_{jtf}^M – приведенные затраты j-й машины в t-период выполнения всех видов работ M_{jtf} ; X_{jtf}^M – число j-х машин в t период, которые могут выполнять в день несколько видов работ:

$$M_{ift} = \{P_i^r\} \in U_r P_t^r \quad (2)$$

где P_i^r – i -я операция $г$ -го технологического процесса.

Показатели эффективности и качества отдельных технических средств определяются по общепринятым методикам и ГОСТам [3, 4].

Описанная математическая модель позволяет определять оптимальный комплект средств механизации для животноводческих объектов. В то же время она не позволяет рассчитывать потребный объем электроэнергии в течение суток, а также пиковые электрические нагрузки выбранного комплекта машин и оборудования, которые определяют основные требования к автономным источникам электроснабжения.

В разработанной нами системе определение оптимального технического оснащения животноводческих ферм осуществляется по критерию минимума приведенных затрат, однако в последнее время на их величину все более значительное влияние оказывает ряд факторов, затрудняющих использование этого критерия. Во-первых, наблюдается неуклонный рост тарифов на электроэнергию. Во-вторых, в некоторых регионах уже внедрены или внедряются многотарифные системы, отличающиеся дифференциацией тарифов по времени суток. В последнее время многие сельскохозяйственные товаропроизводители все чаще начинают использовать всевозможные автономные источники энергообеспечения, среди которых особой популярностью пользуются дизельные и газопоршневые электростанции различных мощностей.

При выборе источника электроснабжения животноводческого объекта, с целью выполнения учета указанных факторов, потребовалась существенная доработка математической модели определения оптимального состава технических средств животноводства с целью обеспечения возможности учета времени потребления электроэнергии в течение суток, определения максимальной мощности, типа и количества автономных электроустановок.

Решение задачи оптимизации структуры и состава внутрихозяйственных систем электроснабжения в обобщенном виде можно представить следующим образом (рис. 1).

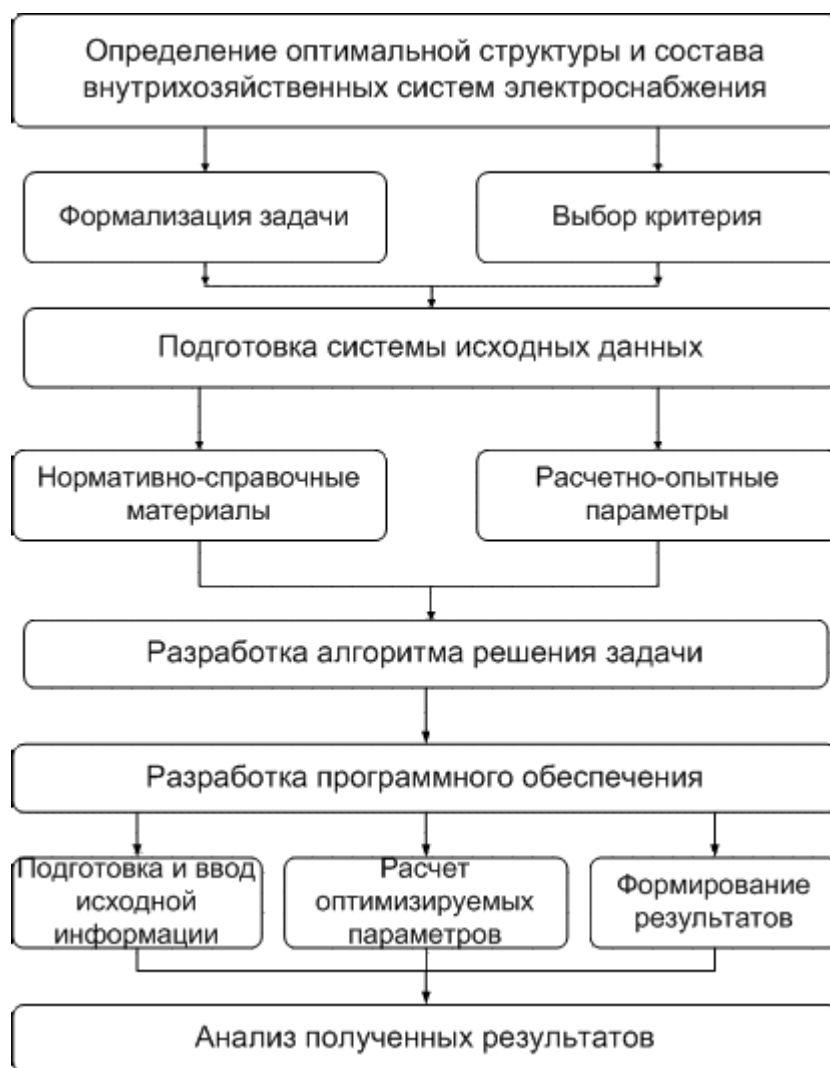


Рис. 1. Методика оптимизации структуры и состава внутрихозяйственных систем электроснабжения

Эту задачу можно реализовать в два этапа, на первом из которых для заданных объемов работ из имеющихся машинных альтернатив формируется требуемый состав технических средств животноводства и определяется график электропотребления, а на втором – определяется источник электроэнергии, его мощность, время и длительность включения, себестоимость энергии и другие параметры.

Особенности первого этапа, связаны с определением номенклатуры и потребного количества технических средств животноводческого объекта, использование которых определяет показатели его энергопотребления. В новой постановке формализованное описание математической модели может быть представлено следующим образом.

Весь перечень технологических операций, выполняемых на ферме, можно разделить на группы в зависимости от времени их выполнения. Операции различают на зимние, летние и выполняемые круглогодично. В уточняемой нами модели признак сезонности обозначается S и может принимать следующие цифровые значения: зима – 1; лето – 2; круглый год – 3.

Операции имеют, кроме того, признак принадлежности к одному из временных интервалов, на которые разделяют сутки, обозначаемый T и принимающий значения от 1 до 17. Длительность t -го временного интервала в модели может принимать значения: 8 часов – для ночного интервала (с 22 час. до 6 час.) и 1 час – для всех остальных интервалов (с 6 час. до 22 час.).

Требование выполнения полного объема работ по всем технологическим

операциям является первым ограничением модели в ее новой постановке:

$$\forall^S \forall^T \forall^I \left\{ Q_{sti} - \sum_{k=1}^K W_{stik} \cdot X_{stik} = 0 \right\} \quad (3)$$

где s – время года; t – номер временного интервала в течение суток; i – шифр технологической операции; Q_{sti} и k – соответственно объем работ в s -е время года на i -й операции в t -й временной интервал и количество машинных альтернатив; W_{stik} и X_{stik} – соответственно производительность k -й машины за t -й временной интервал и потребное количество k -х машин в s -е время года на i -й операции в t -й временной интервал.

В этом случае, объемы работ по операциям рассчитываются внемодельно для определенного типоразмера ферм. Производительности различных машин на операциях известны, поэтому переменными в выражении (3) являются оптимальные количества машин X_{stik} .

Очевидно, что целочисленная потребность в машинах по маркам в какой-либо период времени определяется как сумма потребностей в машинах данной марки:

$$\forall^S \forall^T \forall^J \left\{ XM_{stj} - \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K X_{stik} \geq 0 \right\} \quad (4)$$

где j – шифр машины; XM_{stj} – целочисленная потребность в машинах j -й марки в s -е время года в t -й временной интервал.

Здесь, переменные XM_{stj} используются для определения потребности в машинах в целом по ферме. Искомые значения потребностей в машинах различных марок должны быть больше или равны сумме потребностей в них по периодам суток. То есть, необходимо складывать потребности в машинах на операциях, выполняемых в летний период и круглый год (5), а также в зимний период и круглый год (6):

$$\forall^T \{ XS_j - XM_{1tj} - XM_{3tj} \geq 0 \} \quad (5)$$

$$\forall^T \{ XS_j - XM_{2tj} - XM_{3tj} \geq 0 \} \quad (6)$$

где XS_j – потребность в машинах j -й марки; индексы переменных XM обозначают принадлежность потребности к соответствующему периоду.

Таким образом по уточненной нами модели, целевая функция представляет собой сумму годовых эксплуатационных затрат по всем операциям:

$$E_1 = \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \left[\rho_{stik}^{ГСМ} \cdot \Pi^{ГСМ} + \rho_{stik}^{Элек} \cdot \Pi_t^{Элек} + OT_{stik} + Pем_{stik} \right] \cdot X_{stik} \cdot Nt_s + \sum_{j=1}^J XS_j \cdot БЦ_j \cdot A_j \rightarrow \min \quad (7)$$

где $\rho_{stik}^{ГСМ}$, $\rho_{stik}^{Элек}$, OT_{stik} , $Pем_{stik}$ – расход топлива (ГСМ) (кг/час), расход электроэнергии (кВт/час), оплата труда (руб./час), отчисления на ремонты (руб./час) для k -й машинной альтернативы в s -е время года на i -й операции в t -й временной интервал суток; $\Pi^{ГСМ}$ – цена топлива, руб./кг; $\Pi_t^{Элек}$ – тариф на электроэнергию, потребляемую от ЕЭС в t -й временной интервал суток, руб./кВт-ч; Nt_s – длительность выполнения операции в течение года, суток; $БЦ_j$, A_j – балансовая цена и отчисления на реновацию j -й машины.

Значение целевой функции минимизируется, когда определяется потребное количество средств механизации животноводческой фермы по маркам. В ходе оптимизационных расчетов находится такой оптимальный состав технических средств, в котором соотношение между мобильными и стационарными машинами определяется с учетом существующих цен на топливо и тарифов на электроэнергию, потребляемую от сети ЕЭС.

Расчёты, выполненные с помощью этой математической модели, позволяют

получить перечень используемых на ферме технических средств, графики их загрузки в течение года и суток, величины потребной мощности электропотребления и его длительности.

На втором этапе проводим работу по определению и характеристике автономных источников электроснабжения животноводческих ферм.

Так как, требуемый объем электроэнергии, вырабатываемой автономным источником, теоретически можно получать несколькими электроустановками различных типов, разных по номинальной мощности, значение P_i^{ABT} в этом ограничении должно быть представлено как сумма произведений мощности установки l -го типа на их потребное количество в t -м периоде:

$$\forall^t \left\{ P_t - P_t^{EЭС} - \sum_{l=1}^L P_l^{ABT} \cdot XL_{tl} \leq 0 \right\}, \quad (8)$$

где XL_t – потребность в электроустановках l -го типа в t -й период.

В представленном ограничении (8) используются переменные, характеризующие потребности в электроустановках по типам только для какого-то конкретного рабочего периода. Выражение определения потребности в электроустановках в целом для фермы в этом случае имеет следующий вид:

$$\forall^t \{ XS_l - XL_{tl} \geq 0 \}, \quad (9)$$

где XS_l – потребное количество электроустановок l -го типа, шт.

В связи с тем, что все животноводческие объекты согласно экологическим требованиям должны быть удалены на определенное расстояние от населенных пунктов, в случае оценки экономической эффективности автономных систем энергоснабжения для вновь строящихся ферм и комплексов необходимо, наряду со стоимостью строительства фермы и монтажа оборудования, предусматривать затраты на строительство и монтаж линии электропередачи от ближайшего централизованного источника электроснабжения, которые представлены одним из слагаемых целевой функции. Если потребность в электроэнергии полностью удовлетворяется автономными установками, это слагаемое имеет нулевое значение.

Предложенные в настоящей работе методический подход и математические модели позволяют достаточно корректно определять экономические и технико-эксплуатационные характеристики автономных источников электроснабжения различных животноводческих ферм сельхозпредприятий с учетом их типоразмеров и рекомендуемых технологий производства животноводческой продукции.

Литература:

1. Клысев Е.М. Функциональный подход к обоснованию системы машин в животноводстве // Электрификация сельского хозяйства: сб. науч. тр. ВИЭСХ. М., 1994. Т. 74. С. 16-29.
2. Комаров Б.А., Филонов В.С. Методика технико-экономического обоснования животноводческих комплексов. М.: Россельхозиздат, 1972. 74 с.
3. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч.1. М.: МСХ и ПРФ, 1998. 219 с.
4. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 2. Нормативно-справочный материал. М.: МСХ и ПРФ, 1998. 251 с.

References:

1. Klysev E.M. The functional approach to the justification of the system of machines in farming // Electrification of Agriculture: coll. of scient. works: RIEA. M., 1994. V. 74. P. 16-29.
2. Komarov B.A., Filonov V.S. Methods of feasibility of livestock farms. M.:

Rosselkhozizdat, 1972. 74 p.

3. *Methods of determining the cost-effectiveness of technologies and agricultural machinery. M.: MAI RF, 1998. 219 p.*

4. *Methods of determining the cost-effectiveness of technologies and agricultural machinery. Part 2. Regulatory and reference material. M.: MAI RF, 1998. 251 p.*