



МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

И. Н. Шило, доктор технических наук

ГП "БелНИИМСХ"

УДК 631.3.001.7

Методологические аспекты совершенствования системы машин для сельского хозяйства

Предложены методы комплексной оценки машин и технологий с учетом влияния производственных факторов на уровни ресурсопотребления, масштабов применения технических средств. Обобщенный показатель получен путем агрегирования частных оценочных показателей эксплуатационных факторов с учетом их весомости.

Приводятся зависимости, отражающие влияние урожайности основных сельскохозяйственных культур, продуктивности животных на ресурсоемкость производства продукции.

Рассматриваются вопросы обоснования экономически целесообразных объемов производства новых средств механизации.

The article proposes the methods of complex assessment of machinery and technologies keeping in mind the operational impact on the levels of machinery and resource utilisation. The average indicator is based on individual assessments of operational factors with due regard to the importance of these factors.

The article determines the dependence reflecting the influence of the yield of main agricultural crops and productivity of animals on the resource extensiveness of the produce.

The issues of justification of certain volumes of manufacturing new agricultural machinery are also analysed.

Состояние технического потенциала сельского хозяйства и изменившиеся в последние годы условия его совершенствования по-новому ставят многие вопросы развития материально-технической базы отрасли. Ограниченность природных ресурсов, невозможность собственными силами производить всю номенклатуру требуемых технических средств и другие объективные факторы существенно повышают необходимость скрупулезной технико-экономической проработки оптимальных вариантов механизации на этапе создания техники.

Остановимся только на наиболее существенных аспектах методологии формирования системы машин.

Различные средства механизации обеспечивают разный уровень энерго- и ресурсопотребления с учетом масштабного фактора их производства и применения. Приоритетность создания новой техники зависит не только от ее эффективности по сравнению с базовым вариантом, но и от значимости этого эффекта в общих расходах производства в целом.

С позиций технологии производства сельскохозяйственной продукции сокращение ресурсопотребления на 10–15% на одной операции может быть значительно весомее, чем в 3–4 раза на другой. Поэтому реальная эффективность того или иного технического средства или комплекса машин должна определяться даже не в рамках технологии, а в целом по парку.

В научной литературе изложены различные методические подходы к разработке моделей функционирования машинно-тракторного парка (МТП) [1–3].

Их несовершенство состоит, в первую очередь, в том, что оценка вариантов механизации определяется исходя из предварительно задаваемой нормативной годовой загрузки тракторов и сельскохозяйственных машин, которая, строго говоря, предопределяет результат оптимизации средств механизации. Даже незначительная ошибка в определении величины годовой загрузки сводит на нет достоверность решения оптимизационной задачи по любой из существующих методик.

Важное значение при формировании системы машин имеет обоснование критериев, которые бы позволили комплексно оценивать предлагаемые для включения в нее средства механизации.

Стремление всесторонне оценить техническое средство или технологию привело к широкому использованию двух методических подходов, связанных с комплексной оценкой. Первый заключается в применении интегрального (совокупного) показателя. Таковыми являются приведенные финансовые затраты [4] и совокупные энергозатраты [5, 6].

Критерий "минимум приведенных затрат" не учитывает дефицитность производственных ресурсов и не характеризует реальный уровень интенсификации сельского хозяйства. В настоящее время следует ставить задачу максимальной экономии трудовых, энергетических и материальных ресурсов в натуральном выражении, поскольку их стоимостный эквивалент в условиях инфляции неадекватно отражает фактическое ресурсопотребление.

Совокупные энергозатраты представляют собой сумму прямых и косвенных (овеществленных), отнесенных к единице объема выполненной работы или произведенной продукции. Указанный показатель представляет интерес для оценки вариантов механизации с народнохозяйственных позиций, хотя имеется ряд трудностей при обосновании энергетических эквивалентов производственных ресурсов. Энергетический эквивалент одного и того же ресурса существенно изменяется в зависимости от того, в каком регионе и на каком предприятии получен ресурс. Кроме того, основная доля материально-энергетических ресурсов для сельского хозяйства приобретает республикой за рубежом и оценка затрат на их производство теряет смысл.

Следует отметить, что интегральные показатели не учитывают народнохозяйственной значимости (весомости) оцениваемых факторов.

Второй методический подход основан на получении обобщенного показателя путем агрегирования частных оценочных показателей эксплуатационных факторов с учетом их весомости [7].

$$D = \sum_{r=1}^n \beta_r \sqrt[n]{\prod_{r=1}^n d_r^{\beta_r}},$$

где d_r – оценка r -го фактора; n – количество факторов; β_r – весомость оцениваемых факторов.

$$d_r = \begin{cases} d_{r \max} + (d_{r \min} - d_{r \max}) \frac{y_r - y_{r \max}}{y_{r \min} - y_{r \max}}, & y_{r \max} \Leftrightarrow d_{r \max}, \\ d_{r \max} + (d_{r \min} - d_{r \max}) \frac{y_r - y_{r \min}}{y_{r \max} - y_{r \min}}, & y_{r \max} \Leftrightarrow d_{r \min}. \end{cases}$$

где $y_r, y_{r \max}, y_{r \min}$ – текущее, максимальное и минимальное значение оцениваемого показателя.

В практике технико-экономических расчетов коэффициенты весомости в большинстве случаев определяют экспертным путем. Соответствующие процедуры при этом достаточно сложны, а иногда и просто не реализуемы. Нами предложено весомость оцениваемых эксплуатационных факторов определять исходя из достигнутого уровня характеризующих их показателей или соответствия требованиям нормативно-технической документации. Весовые коэффициенты

$$\beta_r = \frac{K_{or}}{K_r},$$

где K_{or} и K_r – планируемый (нормативный) и нереспубликанский (достигнутый) уровень r -го показателя в соответствующих единицах измерения.

В случае, когда улучшению показателя соответствует уменьшение его численного значения, принимается обратная величина.

При таком подходе весомость затрат материально-энергетических ресурсов определяется их дефицитностью, других эксплуатационных факторов – степенью прогресса, достигнутого в производстве или использовании сельскохозяйственной техники.

Алгоритм оптимизации состава средств механизации основан на методах эвристического моделирования и предусматривает следующую последовательность решения задачи:

1. Выполняем комплексную оценку возможных вариантов механизации всех технологических операций при условии нормативной загрузки агрегатов и формируем опорный план состава МТП:

$$X_{sjk}^p = \left\{ X_{sjk}^p = \sum_i \frac{B_{jk}}{W_{ijk} t_{ijk} T_{gjk}} \lambda_{is}; D_{xijk} \rightarrow \max \right\}, X_{sk}^p = \sum_j X_{sjk}^p,$$

$$X_{sk} = \begin{cases} \left[\left[X_{sk}^p \right] + \frac{X_{sk}^p}{\left[X_{sk}^p \right]} - 0,01\gamma \right], & X_{sk}^p \geq 1; \\ 1, & X_{sk}^p < 1, \end{cases}$$

$$X_s = \max_k X_{sk},$$

где j, i, k, s – индексы операции, агрегата, периода, машины; B, W, X, λ – объем работ, производительность агрегата, количество машин в парке, количество машин в агрегате; T_g, t, γ – дневная продолжительность работы, время выполнения операции, допустимая погрешность в обеспеченности техникой; D – обобщенный оценочный показатель; $[]$ – целая часть числа.

2. Определяем годовую загрузку машин:

$$T_{rs} = \frac{1}{X_s} \sum_{jk} X_{sjk}^p t_{ijk} T_{gjk}.$$

3. С учетом рассчитанных годовых нагрузок уточняем амортизационные отчисления и затраты средств на ремонт и техническое обслуживание, технико-экономические показатели (затраты труда, расход топлива, металла, электроэнергии и др.).

4. Улучшаем опорный план путем исключения дорогостоящих и мало загруженных тракторов, поочередно выводя из состава парка тракторы с наибольшим отношением балансовой стоимости к годовой наработке.

5. Для скорректированного варианта парка уточняем количество машин, их годовую загрузку, амортизационные отчисления и затраты средств на ремонт и техническое обслуживание, технико-экономические показатели и выполняем сравнительную оценку планов по обобщенному показателю. Корректировка состава парка заканчивается, если она не приводит к увеличению обобщенного показателя более чем на 3%.

В итоге получаем оптимальный состав парка:

$$X_s = \left\{ X_s^m : D_{X_s^m} > D_{X_s^{m-1}} \right\},$$

где m – вариант состава парка.

Алгоритм решения задачи реализован на ПЭВМ.

Предложенная методика позволяет комплексно оценивать эффективность механизации сельского хозяйства, проводить расчеты по оптимизации состава МТП, определять технологическую потребность в машинах и оборудовании.

Отличие эффективности применения различных технических средств с учетом масштабного фактора диктует необходимость обоснования приоритетов со-

здания и постановки их на производство, что особенно важно в условиях ограниченности ресурсов.

Определяя приоритетность техники, необходимо установить не только безусловную её эффективность, но и значимость для отрасли в целом.

При использовании новой техники во многих случаях одновременно со снижением затрат отдельных видов производственных ресурсов на конкретной операции увеличивается объем продукции за счет роста урожайности (продуктивности животных) либо сокращения потерь, а это существенным образом сказывается на ресурсоемкости продукции в целом.

Таким образом, чтобы оценить полезность технического средства с позиций системного подхода, следует учесть, насколько оно повышает урожайность сельскохозяйственных культур (продуктивность животных), сокращает потери продукции, определить как это сказывается на снижении ресурсоемкости производства всех видов продукции, получаемых с его применением.

В общем случае экономия затрат g -го ресурса с учетом масштабного фактора

$$\mathcal{E}_{y_r} = \sum_l [Y_{\text{орl}}^o - Y_{\text{нrl}}^o + \Delta Y_{\text{rl}}^n] F_l, \quad (1)$$

где l – индексы вида ресурса и продукции; $Y_{\text{орl}}^o$, $Y_{\text{нl}}^o$ – ресурсоемкость операции по базовому и новому варианту на единицу объема работ (га, гол.), чел.-ч, кг, кВт-ч; F – площадь, га (поголовье животных, гол.); ΔY_{rl}^n – снижение удельных затрат ресурсов в целом по технологии за счет роста урожайности (продуктивности животных), чел.-ч, кг, кВт-ч.

Уменьшение ресурсоемкости единицы продукции

$$\Delta Y_{\text{rl}}^n = (Y_{\text{орl}}^n - Y_{\text{нrl}}^n) U_l, \quad (2)$$

где $Y_{\text{орl}}^n$, $Y_{\text{нl}}^n$ – ресурсоемкость продукции по базовому и новому варианту, чел.-ч/ц, кг/ц, кВт-ч/ц; U_l – урожайность, ц/га (продуктивность, ц/гол.).

С учетом (2) получим

$$\mathcal{E}_{y_r} = \sum_l [Y_{\text{орl}}^o - Y_{\text{нrl}}^o + (Y_{\text{орl}}^n - Y_{\text{нrl}}^n) U_l] F_l. \quad (3)$$

Для установления зависимости влияния урожайности на ресурсоемкость продукции по разработанному алгоритму выполнена оптимизация МТП модельных хозяйств и определены затраты производственных ресурсов для широких диапазонов изменения урожайности. Установлено, что ресурсоемкость продукции с ростом урожайности изменяется по гиперболической зависимости

$$Y_{\text{rl}} = a_l + b_l / U_l, \quad (4)$$

где a_l , b_l – постоянные коэффициенты.

Численные значения коэффициентов приведены в таблице 1.

В качестве примера определим суммарную экономию затрат производственных ресурсов при замене машины для внесения минеральных удобрений МВУ-0,5 штанговым распределителем РШУ-12, агрегируемых с трактором МТЗ-80 при возделывании зерновых культур на площади 2700 тыс. га.

Исходные данные

	Урожайность, ц/га	Расход ресурсов		
		труд, чел.-ч/га	топливо, кг/га	металл, кг/га
МВУ-0,5	25,0	0,15	0,89	0,17
РШУ-12	27,0	0,19	1,18	0,39

Используя зависимости (3), (4) и данные таблицы 1, определим экономию производственных ресурсов (табл. 2).

Как видно из приведенных в таблице 2 данных, РШУ-12 уступает МВУ-0,5 по всем показателям зат-

Таблица 1. Коэффициенты для определения затрат производственных ресурсов при различной урожайности сельскохозяйственных культур (продуктивности животных)

Культуры	Диапазон изменения урожайности, ц/га (продуктивности, ц/гол.)	Значения коэффициентов							
		затраты труда		автотракторное топливо		металл		электроэнергия	
		a_l	b_l	a_l	b_l	a_l	b_l	a_l	b_l
Зерновые	25-50	0,18	4,4	2,62	74,5	0,62	17,0	1,05	2,1
Картофель	150-300	0,20	34,2	0,36	212,8	0,15	67,7	0,34	21,7
Сахарная свекла	300-500	0,09	105,4	0,60	151,4	0,11	52,7	–	–
Кормовые корнеплоды	600-900	0,06	103,1	0,33	159,5	0,07	53,4	–	–
Лен (треста)	24-40	0,09	0,6	1,63	38,9	0,52	10,8	0,001	1,0
Кукуруза на силос	300-500	0,01	14,9	0,20	193,2	0,05	52,8	–	–
Сеяные травы:									
зеленая масса	170-260	0,03	1,9	0,20	29,0	0,07	6,8	–	–
сенаж, силос	95-145	0,08	1,3	0,69	25,0	0,23	3,8	0,29	4,1
сено прессованное	50-75	0,12	2,2	0,54	25,4	0,24	7,7	–	–
Молоко	20-50	0,25	69,8	0,07	20,0	0,12	29,4	5,07	228,7
Говядина	2,0-3,5	1,02	27,0	0,79	24,4	0,68	18,4	3,49	95,2
Свинина	1,0-1,6	0,86	4,2	0,33	1,6	1,45	7,2	43,90	218,5

Таблица 2. Снижение затрат производственных ресурсов с учетом объема применения РШУ-12

	Единица измерения	Экономия ресурсов		
		на операции	с учетом увеличения урожайности	всего
Труд	тыс. чел.-ч	-108	948	840
Топливо	т	-783	16038	15255
Металл	т	-594	3645	3051

рат производственных ресурсов на выполнении технологической операции. Однако, с учетом повышения урожайности (2 ц/га) за счет более равномерного внесения удобрений, применение штангового распределителя обеспечивает существенную экономию ресурсов.

Для решения наиболее острых проблем механизации сельского хозяйства Республики Беларусь на производство поставлены десятки новых технических средств. За последние 5 лет объем республиканского сельхозмашиностроения вырос в 4 раза. В результате из 611 типоразмеров машин и оборудования, предусмотренных системой машин на 1996–2000 гг. за счет собственного сельхозмашиностроения может формироваться около половины требуемой номенклатуры технических средств.

Однако увеличение доли собственного сельхозмашиностроения имеет и негативные последствия. Основное из них – мелкосерийность производства, так как технологическая потребность сельского хозяйства республики по ряду машин измеряется сотнями штук. При малых объемах производства невозможно обеспечить приемлемую стоимость сельскохозяйственной техники.

Годовой объем выпуска новых машин по сравнению с базовыми должен определяться из народнохозяйственной эффективности такой замены, которая складывается из сопоставления эффекта у потребителя и затрат у производителя на выпуск нового изделия. Это условие можно записать в виде неравенства

$$\sum_r \Delta_r C_r > C_n(1+\rho) K_c / T_a, \quad (5)$$

где C_r – цена ресурса r -го вида, руб.; C_n – себестоимость производства машины, руб.; ρ – рентабельность; K_c – коэффициент изменения себестоимости от объема выпуска; T_a – срок службы машины, лет.

Неравенство (5) можно записать в виде равенства. Для этого необходимо левую его часть разделить или правую умножить на коэффициент (δ) гарантии эффективности у потребителя от применения новой машины

$$\sum_r \Delta_r C_r = \delta C_n(1+\rho) K_c / T_a. \quad (6)$$

Выполненные исследования [2, 8] показывают, что коэффициент, учитывающий влияние объемов выпуска на себестоимость продукции сельхозмашиностроения, изменяется по гиперболической зависимости

$$K_c = a + b/n, \quad (7)$$

где n – объем производства машин, шт.; a и b – постоянные коэффициенты.

Тогда (6) с учетом (7) запишется в виде

$$\sum_r \Delta_r C_r = \delta C_n(1+\rho)(a+b/n)/T_a. \quad (8)$$

Решив уравнение (8) относительно n , получим:

$$n = \frac{\delta C_n(1+\rho)b}{T_a \sum_r \Delta_r C_r - \delta C_n(1+\rho)a}$$

Обработка результатов исследований, выполненных Г. Г. Масловым [2], применительно к сравнительно небольшим объемам выпуска машин, характерным для Республики Беларусь, позволила получить для определения коэффициента K_c следующее уравнение регрессии:

$$K_c = 0,75 + 50,0/n.$$

В качестве примера определим минимальный объем выпуска новой машины при исходных данных: годовой экономический эффект от экономии производственных ресурсов – 60 млн. руб.; рентабельность производства машины – 10%; коэффициент гарантии потребителю эффективности от применения новой машины – 1,15; себестоимость производства машины при годовом объеме выпуска 200 шт. – 350 млн. руб.; срок службы машины – 8 лет.

Минимальный объем выпуска машины

$$n = \frac{1,15 \cdot 350 \cdot (1+0,1) \cdot 50}{8 \cdot 60 - 1,15 \cdot 350 \cdot (1+0,1) \cdot 0,75} \approx 150 \text{ шт.}$$

Выводы

1. Новые технические средства следует оценивать по суммарной экономии производственных ресурсов с учетом роста урожайности (продуктивности животных), масштабов применения и влияния на эффективность МТП в целом.

2. Годовой объем выпуска новых машин должен определяться исходя из народнохозяйственного эффекта в сфере их производства и применения.

3. Предложенный системный подход к оценке эффективности новых технических средств позволяет более объективно определять направления совершенствования системы машин, ранжировать средства механизации по важности для сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хабатов Р. Ш. Методика обоснования количественной структуры системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства // Оптимизация машинно-тракторного парка: Сб. научн. трудов ТСХА. – М., 1987. – С. 3–7.

2. Маслов Г. Г. Система машин для комплексной механизации растениеводства. – Краснодар: Кн. изд-во, 1987. – 112 с.

3. Пилюгин Л. М. Обоснование системы машин сель-

скохозяйственной техники. – М.: Агропромиздат, 1990. – 209 с.

4. ГОСТ 22728-88 – ГОСТ 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М.: Изд-во стандартов, 1988. – 26 с.

5. Жученко А. Л., Афанасьев В. Н. Энергетический анализ в сельском хозяйстве. Методологические и методические рекомендации. – Кишинев: Штиница, 1988.

6. Севернев М. М. Энергосберегающие технологии

в сельскохозяйственном производстве. – Мн.: Ураджай, 1994. – 221 с.

7. Нагорский И. С., Шило И. Н. Основные принципы формирования зональной системы машин. // Сб. Интенсификация с.-х. производства и формирование системы машин / НПО Белсельхозмеханизация. – Мн., 1989. – С. 11–24.

8. Самойлович В. Г. Прогнозирование оптимального технико-экономического уровня машин. – М.: Машиностроение, 1987. – 136 с.