



УДК 631.171

О.В. ЕЛКИН, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Сибирский физико-технический институт аграрных проблем СФНЦА РАН

630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: sibfti.n@ngs.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ И РЕСУРСОВ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯ

Представлены результаты применения многокритериальной оценки при выборе оптимального варианта использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия. На примере модельного хозяйства Новосибирской области выполнен расчет состава машинно-тракторного парка (МТП) при использовании метода сквозного просмотра вариантов годового комплекса работ. Для проведения многокритериальной оценки взяты показатели: стоимость приобретения техники; число механизаторов; прямые эксплуатационные затраты. Для учета трех показателей при оценке эффективности вариантов выбран аддитивный критерий. Целевая функция образуется путем сложения нормированных значений частных критериев, умноженных на коэффициенты значимости. Поскольку частные критерии имеют различную физическую природу и в соответствии с этим разную размерность, то при образовании обобщенного показателя мы оперируем не «натуральными» критериями, а их нормированными значениями, т.е. каждый параметр изменяется от нуля до единицы. Для определения обобщенного показателя используется экспертная оценка. Эксперты по присвоению коэффициентов значимости – руководители сельскохозяйственных предприятий. Оптимальным считается тот вариант, целевая функция которого минимальна. Установлено, что учет нескольких показателей и выбор приоритетов позволяют найти наилучший вариант использования техники и ресурсов для конкретного сельскохозяйственного предприятия. Предложенный способ многокритериальной оценки вариантов использования техники объединяет экспертный и технико-экономический подходы.

Ключевые слова: машинно-тракторный парк, технология, механизатор, прямые эксплуатационные затраты, многокритериальная оценка.

В условиях рыночной конкуренции сельхозпредприятиям необходимо эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Сталкиваясь с дефицитом свободных финансовых средств и высококвалифицированных механизаторских кадров, а также с большими затратами на такие ресурсы, как ГСМ, электроэнергия, техника, хозяйства вынуждены решать многокритериальные задачи, где присутствуют показатели разной размерности и качественного характера. Не всегда наличие большего количества техники является положительным фактором, так как требует большего числа механизаторов. Нужно учитывать мощность энергомашин, а также их амортизационный износ, с которым прямо связаны расходы на ремонт и обслуживание.

Эффективность сельскохозяйственного производства зависит от ряда аспектов, включающих прогрессивность используемых технологий и технологических процессов; рациональный выбор технических средств; ис-

пользование имеющихся производственных ресурсов и т.д. Рыночная конъюнктура обусловлена как объективными, так и субъективными факторами, которые приводят к изменению спроса на производимую продукцию, колебаниям цен и влияют на рентабельность. В данных условиях целесообразен непрерывный мониторинг производственного процесса, позволяющий принять оптимальные управленческие решения с целью корректировки ряда факторов, включая выбор рационального состава МТП [1].

Для оперативного мониторинга производственных процессов и принятия оптимальных управленческих решений в СибФТИ разработан программный комплекс, включающий следующие компоненты: «Автоматизированное формирование технологических карт» (АФТК) и АГРОТЕХ. Web-приложение АФТК, представляющее систему поддержки принятия решений управления производством продукции растениеводства, включает динамические web-страницы, позволяющие осуществлять оперативное взаимодействие между пользователем, базой данных и методикой составления технологических карт. С помощью web-приложения АГРОТЕХ можно рассчитать различные варианты оптимального формирования состава МТП с учетом современной техники по двум критериям (минимум прямых затрат и количества механизаторов) с ограничением по срокам для конкретного хозяйства, что позволит повысить оперативность принятия управленческих решений [2].

В сельском хозяйстве большинство решений принимается с учетом нескольких факторов, поэтому выбор рационального состава МТП может содержать ряд целевых функций (критериев). Такие задачи принято называть многокритериальными.

Цель исследования – оценить возможность применения многокритериальной оценки при выборе вариантов использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия в зависимости от ресурсного обеспечения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На примере модельного хозяйства Новосибирской области при использовании метода сквозного просмотра вариантов годового комплекса работы [3] выполнен расчет оптимального состава машинно-тракторного парка. В структуру посевных площадей модельного хозяйства входят зерновые культуры – 53 %, зернобобовые – 4, пропашные – 2, травы – 17 и пар – 24 %. Общая площадь 8200 га. Указанный метод позволяет сформировать рациональный состав МТП путем сопоставления затрат на выполнение одного и того же годового комплекса работ различными типами энергетических средств с соответствующим шлейфом машин и обеспечить выполнение заданных объемов работ в установленные агротехнические сроки с минимальными затратами. В состав прямых затрат входят оплата труда, стоимость горюче-смазочных материалов, отчисления на реновацию, ремонты, приобретение запасных частей и др. Размер затрат определяется не только составом проектируемого парка машин, но также расходами на семена, органические и минеральные удобрения, средства защиты растений, формируемыми на основе установленных экономических нормативов и

сложившихся цен на указанные ресурсы в зависимости от применяемых технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

Для оценки возможного отказа техники, ее сезонной готовности в расчетах применяли коэффициенты надежности и готовности технических средств. Чем выше коэффициенты технической готовности и надежности техники, тем ниже потери урожая, выше эффективность производства.

Применяемые технологии включали такие работы, как паровая или зяблевая подготовка почвы, зимняя мелиорация, подготовка семян, весенняя подготовка почвы и посев (ранневесеннее боронование, предпосевная культивация и прикатывание, посев и прикатывание после посева), уход за посевами, уборка (прямая и раздельная).

При планировании и комплектовании состава МТП руководитель предприятия оказывается между двумя выборами: использовать более дешевую, но менее производительную сельхозтехнику, при которой потребуются большее число механизаторов, либо приобрести более производительные агрегаты, способные уменьшить потребности в трудовых ресурсах. Совершенствование состава машинно-тракторного парка направлено на повышение производительности труда [4–6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведены расчеты вариантов потребности модельного хозяйства в технике для различных уровней интенсификации (табл. 1).

Таблица 1
Варианты расчета состава МТП для различных уровней интенсификации

Показатель	Вариант				
	I	II	III	IV	V
<i>Нормальная технология</i>					
Стоимость парка, млн р.	105,3	86,7	83	72,9	91,5
Механизаторов, чел.	14	16	15	17	15
Прямые эксплуатационные затраты, млн р.	31,1	23,8	25,5	22,4	29,7
<i>Интенсивная технология</i>					
Стоимость парка, млн р.	123,1	101,5	93,1	86	106,8
Механизаторов, чел.	17	19	20	21	19
Прямые эксплуатационные затраты, млн р.	34,6	27,2	29,1	25,8	33,2
<i>Ресурсосберегающая технология</i>					
Стоимость парка, млн р.	100	128,3	114,6	136,8	52,3
Механизаторов, чел.	14	11	15	9	23
Прямые эксплуатационные затраты, млн р.	27,8	42,2	39,2	46,8	20,4

Примечание. I – на базе К-744 и Вектор (Полесье); II – на базе ХТЗ-150К-09 и Вектор (Полесье); III – на базе К-744 и ХТЗ-150К-09, Вектор (Полесье) и Енисей-1200; IV – ХТЗ-150К-09 и Вектор (Полесье) и Енисей-1200; V – на базе К-744 и Вектор (Полесье) и Енисей-1200.

Оценивая оптимальный уровень использования МТП только по одному из трех показателей, мы не всегда получаем минимум по двум другим критериям (см. табл. 1). Так, выбирая самый низкозатратный вариант по показателю «прямые эксплуатационные затраты», не обязательно получаем наименьшие показатели стоимости парка и трудовых ресурсов.

Многокритериальная оценка проведена по следующим трем показателям: стоимость приобретения техники; число механизаторов; прямые эксплуатационные затраты.

При наличии нескольких показателей оптимальности аддитивный критерий выбирают тогда, когда существенными являются абсолютные значения критериев при выбранном векторе параметров проектирования. В случае, когда существенную роль играет изменение абсолютных значений частных критериев при вариации вектора переменных, целесообразно применять мультипликативный критерий оптимальности.

Для учета трех показателей при оценке эффективности вариантов выбран аддитивный критерий. Целевая функция образуется путем сложения нормированных значений частных критериев, умноженных на коэффициенты значимости.

Поскольку частные критерии имеют различную физическую природу и в соответствии с этим разную размерность, то при образовании обобщенного показателя оперируем не «натуральными» критериями, а их нормированными значениями, т.е. каждый параметр изменяется от нуля до единицы. Для того чтобы определить обобщенный показатель, проведем качественную оценку критериев, используя экспертную оценку. В качестве экспертов по присвоению коэффициентов значимости могут выступать руководители сельскохозяйственных предприятий. Так, например, согласно экспертной оценке, приняты следующие коэффициенты значимости по критериям: стоимость парка – 0,1; число механизаторов – 0,5; прямые затраты – 0,4. Обязательное условие для коэффициентов значимости – сумма коэффициентов значимости всех критериев должна быть равна единице.

Обобщенный показатель j -го варианта определяется как сумма всех показателей нормированных значений частных критериев $q_1, q_2, \dots, q_n$, взвешенных с помощью коэффициентов значимости по формуле

$$Q_j = \sum q_{ij} \cdot C_i, \quad (1)$$

где q_{ij} – нормированное значение i -го критерия j -го варианта; C_i – коэффициент значимости i -го критерия;

При этом нормированное значение i -го критерия j -го варианта определяется по формулам:

$$q_{ij} = X_{ij} / X_{\max}, \quad (2)$$

если желательна тенденция роста i -го критерия j -го варианта, или

$$q_{ij} = X_{\min} / X_{ij}, \quad (3)$$

если желательна тенденция снижения i -го критерия,

где X_{ij} – значение i -го критерия для j -го варианта; $X_{\min}$, $X_{\max}$ – соответственно минимальное и максимальное значение i -го критерия для сравниваемых вариантов или (если вариант один) устанавливается нормативом [7–9].

В нашем случае наилучшим вариантом окажется тот, для которого Q_j будет минимальным.

В табл. 2 приводится результат многокритериальной оценки вариантов использования МТП для различных уровней интенсификации.

В результате по данному модельному хозяйству получаем:

- для нормальной технологии: вариант III (0,846) со стоимостью парка 83 млн р., числом механизаторов 15 чел. и затратами 25,5 млн р.;
- для интенсивной технологии: вариант II (0,848) со стоимостью парка 101,5 млн р., числом механизаторов 19 чел. и затратами 27,2 млн р.;
- для ресурсосберегающей технологии: вариант I (0,614) со стоимостью парка 100 млн р., числом механизаторов 14 чел. и затратами 27,8 млн р.

Таким образом, если по исходным данным выбор варианта определялся по одному из показателей (прямые затраты, числом механизаторов или стоимость парка), то в результате применения многокритериальной оцен-

Таблица 2
Результаты многокритериальной оценки вариантов для различных уровней интенсификации

Показатель	Вариант				
	I	II	III	IV	V
<i>Нормальная технология</i>					
Стоимость парка, млн р.	0,100	0,082	0,078	0,069	0,086
Механизаторов, чел.	0,411	0,470	0,441	0,500	0,441
Прямые эксплуатационные затраты, млн р.	0,400	0,306	0,327	0,288	0,382
Обобщенный показатель	0,911	0,859	0,846	0,857	0,909
<i>Интенсивная технология</i>					
Стоимость парка, млн р.	0,100	0,082	0,075	0,069	0,086
Механизаторов, чел.	0,404	0,452	0,476	0,500	0,452
Прямые эксплуатационные затраты, млн р.	0,400	0,314	0,336	0,298	0,383
Обобщенный показатель	0,904	0,848	0,887	0,867	0,921
<i>Ресурсосберегающая технология</i>					
Стоимость парка, млн р.	0,073	0,093	0,083	0,100	0,038
Механизаторов, чел.	0,304	0,239	0,326	0,195	0,500
Прямые эксплуатационные затраты, млн р.	0,237	0,360	0,335	0,400	0,174
Обобщенный показатель	0,614	0,692	0,744	0,695	0,712

ки учитывались сразу все показатели и с учетом выставленной значимости получен один наилучший вариант для различных уровней интенсификации (см. табл. 1, 2).

Эффективное использование техники и иных ресурсов на сельскохозяйственном предприятии обусловлено рядом факторов, влияние которых можно учесть с применением метода экономического анализа и многокритериальной оценки.

Применение многокритериальной оценки вариантов использования техники и ресурсов сельскохозяйственного предприятия позволяет учесть критерии различной размерности и физической природы, рассчитать варианты рационального формирования машинно-тракторного парка, определить обобщенный показатель эффективного использования техники на конкретном сельскохозяйственном предприятии.

Предложенный способ многокритериальной оценки вариантов использования техники объединяет экспертный и технико-экономический подходы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валге А.М., Папушин Э.А., Артемьев Ю.Г., Баранов Л.Н. Алгоритмические основы выбора состава машинно-тракторного парка для производства сельскохозяйственной продукции в рыночных условиях // Материалы международного агроэкологического форума. – СПб., 2013. – Т. 2. – С. 14–20.
2. Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А. Применение современных систем машин в АПК на основе информационных технологий // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: Алтайский гос. аграрн. ун-т, 2016. – С. 7–8.
3. Докин Б.Д., Елкин О.В. Информационные технологии для оптимизации структуры машинно-тракторного парка сельхозпредприятия // Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 191–193.
4. Иванов Н.М., Чепурин Г.Е. Инженерное обеспечение сельскохозяйственного производства Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 9. – С. 78–87.
5. Блынский Ю.Н., Докин Б.Д., Елкин О.В., Иванов Н.М., Мартынова В.Л. Методические подходы к выбору технологий и технических средств при производстве зерна в условиях Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 2 (249). – С. 105–109.
6. Милаев П.П., Назаров Н.Н. Методические подходы к выбору эффективных вариантов при инженерном проектировании агротехнологий // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2015. – № 1 (242). – С. 94–101.
7. Яшин С.Н., Боронин О.С. Многокритериальная оценка экономической эффективности инновационных проектов // Экономические науки. – 2010. – № 11 (72). – С. 253–256.
8. Лайко Д.В. Применение функционально-стоимостного анализа при формировании машинно-тракторных парков сельскохозяйственных производителей // Вестн. НГИЭИ. – 2011. – Т. 2, № 2 (3). – С. 138–142.
9. Бураев М.К., Сизов И.Г., Овчинникова Н.И., Болоев П.А. Методика комплексной оценки показателя уровня ПТЭ МТП // Вестн. ВСГУТУ. – 2013. – № 5 (44). – С. 78–84.

Поступила в редакцию 22.09.2016

O.V. ELKIN, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Siberian Physical-Technical Institute of Agrarian Problems, SFSCA RAS

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: sibfti.n@ngs.ru

MULTICRITERION EVALUATION OF USING MACHINERY AND RESOURCES OF AGRICULTURAL ENTERPRISE

Results are given from multicriterion evaluation of using machine-and-tractor fleet of an agricultural enterprise when choosing its optimal structure. By way of example of a model farm located in Novosibirsk Region, there was carried out a calculation of the machine-and-tractor fleet structure by using the method for looking through the options of annual complex of operations. To carry out multicriterion evaluation, the following indicators were selected: costs for purchasing machinery, the number of machine operators and direct operating costs. To take into account these three indicators when evaluating the efficiency of options, an additive criterion was selected. The objective function is formed by adding the normalized values of the particular criteria multiplied by the significance coefficients. Since the particular criteria have varied physical nature and accordingly different dimensions, then when forming a generalized index we operate with not "natural" criteria but their normalized values, i.e. each parameter varies from zero to one. In order to determine the generalized index, expert assessments are used. Experts in assigning significance coefficients are heads of agricultural enterprises. An option, the objective function of which is minimal, is considered to be optimal. It has been established that the selection based on several indicators (criteria) and priorities makes it possible to choose the best option of using machinery and resources for a particular agricultural enterprise. The proposed method for multicriterion evaluation of the machinery use options combines expert technical and economic approaches.

Keywords: machine-and-tractor fleet, technology, machine operator, direct operating costs, multicriterion evaluation.
