Оригинальное исследование
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-637367 EDN: ZQPJBL

Моделирование и оптимизация потребительских свойств мобильных энергосредств АПК

Т.З. Годжаев, В.А. Зубина

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В данной статье отражены примеры реализации многокритериальной оптимизации (МКО) в обосновании потребительских свойств мобильных энергосредств. В качестве критериев взяты 5 основных функциональных и эксплуатационных характеристик: производительность, энергетическая оценка по относительному снижению полных удельных затрат мобильных энергосредств (МЭС), суммарные затраты на техническое обслуживание и ремонт (ТОР), давление на почву и энергоэффективность. Использование МКО может иметь широкий спектр применения: при создании, разработке и эксплуатации МЭС.

Цель работы — моделирование и оптимизация потребительских свойств мобильных энергосредств АПК на примере МЭС тягового класса 1,4.

Материалы и методы. Сбор и анализ научных публикаций, научных статей и других источников информации по разработке НИОКР по созданию интеллектуальных транспортно-технических средств, по ключевым показателям потребительских свойств МЭС сельскохозяйственного назначения, а также совершенствованию методического и программного обеспечения многокритериальных оптимизационных расчётов эффективности МЭС. При решении поставленной задачи использовались методы научного обобщения и статистической обработки имеющихся информационных и аналитических материалов по отечественным и зарубежным источникам.

Результаты. Таким образом, в результате полученных расчётов наиболее предпочтительным среди полученных Паретовских точек при работе трактора класса 1,4 по мнению лица, принимающего решение (ЛПР) были выбраны следующие:

1. Пахота — производительность 1,17 га/ч; давление на почву 145 кПа; суммарные затраты 149,2 тыс. рублей; энергетическая оценка 35,0 %, энергоэффективность 19,7 кВт·га/ч.
2. Посев — производительность 2,87 га/ч; давление на почву 149,3 кПа; суммарные затраты 178,39 тыс. рублей; энергетическая оценка 35,3%, энергоэффективность 24,17 кВт·га/ч.
3. Химизация — производительность 3,541 га/ч; давление на почву 177,513 кПа; суммарные затраты 124,408 тыс. рублей; энергетическая оценка 22,8%, энергоэффективность 32,10 кВт·га/ч.

Заключение. Анализ классификации функциональных эксплуатационных и экономических характеристик МЭС (потребительских свойств), а также их экспертной оценки позволили выявить 5 основных критериев качества: давление на почву $\left(q_{\max}^{\kappa}\right)$, производительность $\left(W\right)$, суммарные затраты на ТОР $\left(З_{p_i}\right)$, энергетическая оценка по относительному снижению полных удельных топливно-энергетических затрат МЭС, $\left(Э_w^n\right)$, энергоэффективность $\left(E_c\right)$, для моделирования и оптимизации которых был разработан программный комплекс решения задачи МКО, позволяющий решать задачи с более 50 варьируемыми параметрами и 20 критериями качества. Для полноты представления об оптимальных потребительских эксплуатационных свойствах мобильных энергосредств были выбраны МЭС тягового класса 1,4 и наиболее важные три операции: пахота, посев, химизация.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация; потребительские свойства мобильных энергосредств; функциональные свойства; критерии качества; варьируемые параметры; принятие компромиссных решений.

Как цитировать:
Годжаев Т.З., Зубина В.А. Моделирование и оптимизация потребительских свойств мобильных энергосредств АПК // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 1. С. 35–42. DOI: 10.17816/0321-4443-637367 EDN: ZQPJBL

Рукопись получена: 23.10.2024 **Рукопись одобрена:** 03.02.2025 **Опубликована online:** 21.03.2025

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

Original Study Article
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-637367 EDN: ZQPJBL

Modeling and optimization of the consumer properties of mobile energy units in the agricultural industry

Teymur Z. Godzhaev, Valeria A. Zubina

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: This paper contains examples of the implementation of multi-criteria optimization in the justification of consumer properties of mobile energy units. The criteria include five main functional and operational indicators: productivity rate, energy rate by the relative reduction of total specific costs of mobile energy units, total costs of maintenance and repair, pressure on the soil and energy efficiency. The use of multi-criteria optimization can have a wide range of applications: in the design, development and operation of mobile energy units.

AIM: Modeling and optimization of consumer properties of mobile energy units of the agricultural industry using the example of a mobile energy unit of the drawbar category 1.4.

METHODS: Collection and analysis of scientific publications, scientific papers, and other sources of information on formation of the R&D for creation of intelligent transport and technical means, on key indicators of consumer properties of agricultural mobile energy units, as well as on improvement of methodological and software support for multi-criteria optimization calculations of efficiency of mobile energy units. In solving the task, methods of scientific generalization and statistical processing of available information and analytical materials from domestic and foreign sources were used.

RESULTS: As a result of the performed calculations, the following result points were selected by a decision-maker as the most preferable among the obtained Pareto points for the drawbar category 1.4 tractor:

1. Plowing — the productivity rate of 1.17 ha/h; the soil pressure of 145 kPa; the total costs of 149.2 thousand rubles; the energy rate of 35.0%, the energy efficiency of 19.7 kW·ha/h.
2. Sowing — the productivity rate of 2.87 ha/h; the soil pressure of 149.3 kPa; the total costs of 178.39 thousand rubles; the energy rate of 35.3%, the energy efficiency of 24.17 kW·ha/h.
3. Chemization — the productivity rate of 3.541 ha/h; the soil pressure of 177.513 kPa; the total costs of 124.408 thousand rubles; the energy rate of 22.8%, the energy efficiency of 32.10 kW·ha/h.

CONCLUSION: The analysis of the classification of functional operational and economic indicators of mobile energy units (consumer properties), as well as their expert assessment, helped to identify five main quality criteria: soil pressure ($q^{к}_{max}$), productivity rate (W), total repair and maintenance costs $(З_{p_i})$, energy rate by the relative reduction of total specific fuel and energy costs of mobile energy units, $(Э^{n}_{w})$, energy efficiency (E_c), for the modeling and optimization of which the software package for solving the multi-criteria optimization problems, allowing solving problems with more than 50 variable parameters and 20 quality criteria, was developed. For a full disclosure of the optimal consumer operational properties of mobile energy units of the drawbar category 1.4 and the three most important operations (plowing, sowing, chemization), were selected.

Keywords: multi-criteria optimization; consumer properties of mobile energy units; functional properties; quality criteria; variable parameters; making compromise decisions.

To cite this article:
Godzhaev TZ, Zubina VA. Modeling and optimization of the consumer properties of mobile energy units in the agricultural industry. *Tractors and Agricultural Machinery.* 2025;92(1):35–42. DOI: 10.17816/0321-4443-637367 EDN: ZQPJBL

Received: 23.10.2024 **Accepted:** 03.02.2025 **Published online:** 21.03.2025

moscow polytech
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International license
© Eco-Vector, 2025
ECO•VECTOR

ВВЕДЕНИЕ

Развитие аграрного промышленного комплекса (АПК) требует применения инновационных технико-технологических средств производства, обеспечивающих высокий уровень выполнения сельскохозяйственных технологических операций. Одним из таких средств, массово применяемых в АПК, являются мобильные энергосредства (МЭС). Они агрегатируются с различными сельхозмашинами: как прицепными, так и навесными. Согласно Постановлению Правительства РФ №740 от 01.08.2016 г. «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования», требуется обеспечение сельского хозяйства машинами и оборудованием с высокими функциональными свойствами, в том числе и МЭС (тракторами). Современные МЭС, применяемые в сельском хозяйстве — это сложные технические устройства, состоящие из многих узлов и агрегатов и выполняющие различные операции в растениеводстве, животноводстве, садоводстве и т.д. Они характеризуются многими функциональными, технологическими и экологическими свойствами. На стадии проектирования и эксплуатации МЭС требуется оптимизация функциональных характеристик потребительских свойств. В связи с тем, что количество таких характеристик много, поэтому задача оптимизации имеет многокритериальный характер.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор и анализ научных публикаций, научных статей и других источников информации по разработке НИОКР по созданию интеллектуальных транспортно-технических средств, по ключевым показателям потребительских свойств МЭС сельскохозяйственного назначения, а также совершенствованию методического и программного обеспечения многокритериальных оптимизационных расчётов эффективности МЭС. При решении поставленной задачи использовались методы научного обобщения и статистической обработки имеющихся информационных и аналитических материалов по отечественным и зарубежным источникам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Был проведен анализ потребительских свойств сельскохозяйственных МЭС, в результате которого построена классификация характеристик — их критериев качества МЭС (рис. 1).

Рис. 1. Классификация характеристик — критериев качества МЭС.
Fig. 1. Classification of properties that are quality criteria of a mobile energy unit.

DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-637367

Традиционно, при решении задач в однокритериальной постановке формируется единый вектор и единая целевая функция. Минимизируя или максимизируя данные целевой функции, в зависимости от постановки задачи, мы находим оптимальное значение конкретной целевой функции. Но, из-за определенных недостатков однокритериальных методов оптимизации, в последние годы наблюдается тренд на развитие и разработку методов и средств многокритериальной оптимизации (МКО). Обычно, МКО сводятся к поиску Парето-оптимальных множеств критериев качества, характеризующих оптимизируемый объект. Парето-оптимальные множества — это точки (варианты объекта), значения которых по совокупности всех критериев одновременно нельзя улучшить без ухудшения хотя бы одного из них [1–3].

Согласно проведенному анализу классификации функциональных эксплуатационных и экономических характеристик МЭС (потребительских свойств), а также их экспертной оценке была сформирована многокритериальная задача обоснования эффективности МЭС. В итоге, постановка задачи МКО включает следующие 5 критериев качества: давление на почву $\left(q_{\max}^{к}\right)$, производительность $\left(W\right)$, суммарные затраты на ТОР $\left(З_{p_i}\right)$, энергетическая оценка по относительному снижению полных удельных топливно-энергетических затрат МЭС $\left(Э_w^n\right)$, энергоэффективность $\left(E_c\right)$. Данная постановка задачи имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} q_{\max}^{к} = F_1\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right) \\ W = F_2\left(x_1, x_2, \ldots, x_j\right) \\ Э_w^n = F_3\left(x_1, x_2, \ldots, x_i\right) \\ З_{p_i} = F_4\left(x_1, x_2, \ldots, x_k\right) \\ E_c = F_5\left(x_1, x_2, \ldots, x_m\right) \end{pmatrix} \Rightarrow \text{opt.}\left(\text{Множество Парето}\right) \quad (1)$$

где F_1–F_5 — критерии качества; x_1, x_2,..., x_n, x_i, x_j, x_k, x_m — варьируемые параметры.

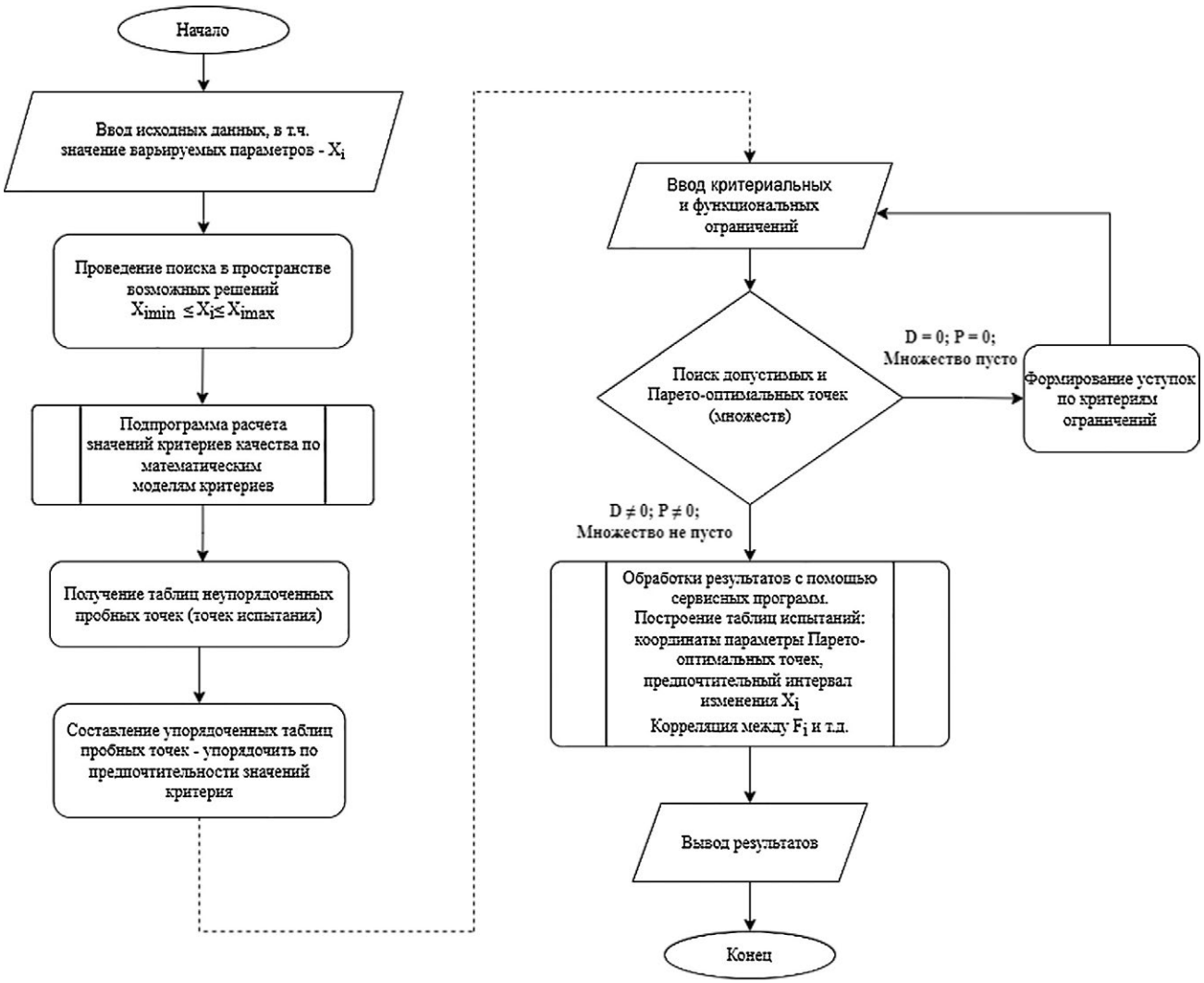

Рис. 2. Блок-схема алгоритма многокритериальной оптимизации (МКО) характеристик мобильных энергосредств (МЭС).
Fig. 2. The block diagram of the multi-criteria optimization of the properties of a mobile energy unit.

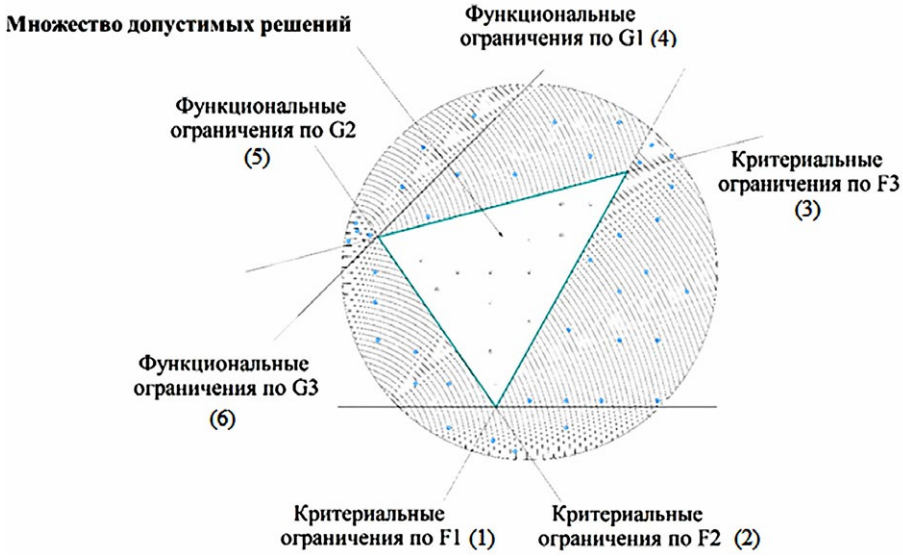

Рис. 3. Иллюстрация выбора множества допустимых решений.
Fig. 3. Selection of the set of acceptable solutions: *1* — criteria limitations F1; *2* — criteria limitations F2; *3* — criteria limitations F3; *4* — functional limitations G1; *5* — functional limitations G2; *6* — functional limitations G3.

Таблица 1. Исходные данные варьируемых параметров по МЭС тягового класса 1,4 (базовый трактор- МТЗ-82.1, аналог «Беларус-1025»)*

Table 1. Initial data of the variables for a mobile energy unit of the drawbar category 1.4 (basic tractor is the MTZ-82.1, the alternative tractor is the Belarus-1025)*

Варьируемые параметры	Пахота	Посев	Химизация (внесение пестицидов)
$B_р$ — рабочая ширина захвата агрегата, м	1,05–1,4	2,1–5,4	10,08–24
β — коэффициент использования ширины захвата	0,8–1,0	0,8–0,95	0,8–0,95
$V_р$ — рабочая скорость движения агрегата, км/ч	8–10	10–15	6–12
$T_{см}$ — нормативное время смены, ч	8	8	8
τ — коэффициент использования времени смены	0,8–0,85	0,7–0,8	0,7–0,8
$Э^б_{тр}$ — энергозатраты трактора, мДж/ч	110–140	107–140	110–130
$Э^б_{топ}$ — энергозатраты топлива по базовому варианту и коэффициентов* мДж/ч	880–910	880–1000	850–950
a — отношение конструкционных масс нового и базового тракторов	0,8–0,9	0,8–0,9	0,8–0,9
b — отношение нового удельного расхода топлива к базовому МЭС	0,75–0,9	0,71–0,8	0,75–0,85
c — отношение сменной новой и базовой производительности МЭС по спектру выполняемых операций	1,2–1,28	1,1–1,27	1,2–1,28
$n_м$ — число машин или орудий, агрегатируемых с МЭС, (входящих в состав агрегата), шт.	1	1	1
$Б_{м_j}$ — цена *j*-го агрегата (без НДС), руб.	2 500 000–3 500 000	2 700 000–3 600 000	2 750 000–3 800 000
$\mu_{дв}$ — КПД двигателя	0,38–0,4	0,38–0,4	0,38–0,4
$P_{дв}$ — мощность двигатели, кВт	50–75	50–75	50–75
$\mu_{кпд\ тр.}$ — тяговый КПД трактора	0,65–0,75	0,65–0,75	0,65–0,75
W — производительность, Га/час	0,54–1,12	1,01–2,84	2,90–8,52
m — масса МЭС (для тягового класса 1,4), кг	4000–4200	4700–5000	4100–4600

*Данные взяты из разработанной в ГНУ ВИМ РОССЕЛЬСХОЗАКАДЕМИИ концепции «Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года», том 1, Растениеводство, Москва 2012. При составлении исходных данных подразумевалось агрегатирование со следующими комплексами машин: плуги ПЛН-3-35, ПЛН-4-35У; сеялки СЗ-3,6А, СЗП-3,6А, СЗТ-3,6А; опрыскиватели ОШ-3000, ОПШ-15-03, ОП-2000-01.

Таблица 2. Сводная таблица значений Парето-оптимальных точек для МЭС тягового класса 1,4 на выбранных технологических операциях
Table 2. Summary table of values of the Pareto-optimal points for a mobile energy unit of the drawbar category 1.4 at selected technological operations

Критерии качества	Пахота		Посев		Химизация	
	Номер точки	Значение критерия	Номер точки	Значение критерия	Номер точки	Значение критерия
F1 — давление на почву, кПа	69	163,639	15	149,327	11	162,877
	245	139,924	39	165,623	129	177,513
	363	145,012	51	152,707	287	122,941
	387	151,082				
	599	127,984				
F2 — производительность, га/ч	69	0,633	15	2,872	11	3,463
	245	1,214	39	3,391	129	3,541
	363	1,171	51	2,966	287	3,689
	387	1,571				
	599	1,588				
F3 — энергетическая оценка по относительному снижению полных удельных затрат МЭС, %	69	25,094	15	35,342	11	21,962
	245	28,381	39	22,051	129	22,806
	363	35,036	51	30,203	287	19,552
	387	25,098				
	599	33,693				
F4 — суммарные затраты на ТОР, тыс. руб.	69	149,331	15	178,386	11	207,562
	245	149,743	39	188,332	129	124,408
	363	149,216	51	202,011	287	125,089
	387	179,461				
	599	224,861				
F5 —энергоэффективность, кВт·ч/га	69	42,788	15	24,173	11	37,195
	245	23,867	39	18,510	129	32,101
	363	19,713	51	12,706	287	29,637
	387	17,084				
	599	15,296				

Математические модели вышеназванных критериев включают многочисленные варьируемые параметры, связанные с особенностями функционирования МЭС — сила тяги на крюке, рабочая ширина захвата агрегата, рабочая скорость, время смены, удельный расход топлива МЭС и др.

Процедурно, блок-схема алгоритма решения задачи МКО характеристик МЭС приведена на рис. 2.

При построении и нахождении оптимального множества поставленной задачи были решены и следующие задачи: подготовка исходных данных, подготовка алгоритма, вычисления значение критериев качества, составление таблицы испытаний, введение критериальных и функциональных ограничений, формирование допустимых множеств, получение Паретовских множеств.

Иллюстрация выбора допустимых решений, с введением критериальных ограничений, представлена на рис. 3.

Так, аналитическая диалоговая система ЛПР позволяет нам на начальном этапе при наличии 1000–1500 точек в конце концов получить одну-две Паретовских точек, которые по совокупности критериев друг другу не уступают.

Решение подобных задач тракторов тягового класса 1.4 проводилось на 3 конкретных технологических операциях (вспашка, посев, химизация), где применялась многокритериальная оптимизация для того, чтобы обосновать эффективные потребительские свойства мобильных энергосредств. Подобный алгоритм может применяться как на стадии проектирования, разработки и производства МЭС, так и на стадии эксплуатации МЭС при формировании машинно-тракторного парка. Опросы существующих авторов и анализ литературы позволил сделать вывод, что можно ограничиться пятью критериями качеств. Согласно математическим моделям используемых критериев качеств были сформированы исходные данные по МЭС тягового класса 1,4 на всех 3 операциях (табл. 1) [1–7].

Результаты оптимизационных расчётов отражены в сводных таблицах значений Парето-оптимальных точек по МЭС при выполнении технологических операций «Пахота», «Посев», «Химизация», представленных в табл. 2 [1–7].

Таким образом, в результате полученных расчетов наиболее предпочтительным среди полученных Паретовских точек при работе трактора класса 1,4 по мнению ЛПР были выбраны следующие:

1. Пахота — производительность 1,17 га/ч; давление на почву 145 кПа; суммарные затраты 149,2 тыс. рублей; энергетическая оценка 35,0 %, энергоэффективность 19,7 кВт·га/ч.

2. Посев — производительность 2,87 га/ч; давление на почву 149,3 кПа; суммарные затраты 178,39 тыс. рублей; энергетическая оценка 35,3%, энергоэффективность 24,17 кВт·га/ч.
3. Химизация — производительность 3,541 га/ч; давление на почву 177,513 кПа; суммарные затраты 124,408 тыс. рублей; энергетическая оценка 22,8%, энергоэффективность 32,10 кВт·га/ч.

ВЫВОДЫ

В связи с тем, что многообразие эксплуатационных. функциональных и технологических характеристик техники очень возросло. в настоящее время, возникла необходимость на стадии проектирования и эксплуатации МЭС решать оптимизационные задачи потребительских свойств МЭС в многокритериальной постановке.

Для проведения моделирования и оптимизации потребительских свойств МЭС АПК был разработан программный комплекс решения задачи МКО, который позволяет решать задачи с более 50 варьируемыми параметрами и 20 критериями качества.

Анализ классификации функциональных эксплуатационных и экономических характеристик МЭС (потребительских свойств), а также их экспертной оценки позволили выявить 5 основных критериев качества: давление на почву $\left(q_{\max}^{\kappa}\right)$, производительность $\left(W\right)$, суммарные затраты на ТОР $\left(З_{p_i}\right)$, энергетическая оценка по относительному снижению полных удельных топливно-энергетических затрат МЭС $\left(Э_w^n\right)$, энергоэффективность $\left(E_c\right)$.

Так, для полноты представления об оптимальных потребительских эксплуатационных свойствах мобильных энергосредств были выбраны МЭС тягового класса 1,4 и наиболее важные три операции, пахота, посев, химизация.

Данный метод позволяет обосновывать на стадии утверждения и закладывания оптимальных функциональных параметров МЭС и на стадии разработки, а на стадии эксплуатация техники становится возможным выбрать машины с теми характеристиками, которые выбирает ЛПР. В том числе, для выбора агрегатируемости сельскохозяйственной техники или при формировании машинно-тракторного парка в целом.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Т.З. Годжаев — разработка математических моделей экономических критериев качества МЭС, оптимизационных моделей и построение блок-схемы алгоритма; В.А Зубина — постановка задачи, разработка математических моделей функциональных характеристик МЭС, формирование перечня варьируемых параметров, подготовка введения и выводов; а также проведение оптимизационных расчётов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. T.Z. Godzhaev — development of the mathematical models of economic quality criteria of mobile energy units, optimization models and building of the block diagram of the algorithm; V.A. Zubina — problem statement, development of the mathematical models of functional properties of mobile energy units, formation of a list of variables, preparation of the introduction and conclusions; conducting optimization calculations. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Disclosure of interests. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest.

Funding sources. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Godzhaev TZ. Justification of the efficiency of modern agricultural mobile energy vehicles using multi-criteria optimization methods [dissertation] Moscow; 2024 (In Russ.)

2. Zubina VA, Godzhaev TZ, Malakhov IS. Carrying out multi-criteria optimization calculations to increase the efficiency of the fleet of mobile energy vehicles. *Tractors and agricultural machinery.* 2024;91.(2):217–227. (In Russ.) doi: 10.17816/0321-4443-629124 EDN: SXTDCZ

3. *The system of machines and technologies for the comprehensive mechanization and automation of agricultural production for the period up to 2020,Plant Growing.* Moscow; 2012;1. (In Russ.)

4. Statnikov RB, Astashov VK, Matusov IB, et al. *MOVI 1.4 software package. User's Manual.* Moscow; 2009. (In Russ.)

5. Godzhaev TZ, Zubina VA, Malakhov IS. Justification of the functional characteristics of agricultural mobile energy vehicles in a multi-criteria formulation // *Tractors and agricultural machinery.* 2022;89(6):411–420. (In Russ.) doi: 10.17816/0321-4443-121325 EDN: XTFDEB

6. Zubina VA, Godzhaev TZ, Malakhov IS. Development of optimization mathematical models for making compromise decisions on the efficiency of the agricultural machinery fleet. *Tractors and agricultural machinery.* 2023;90(6):523–529. (In Russ.) doi: 10.17816/0321-4443-569403 EDN: KZHOIX

7. Sobol IM, Statnikov RB. *Selection of optimal parameters in problems with many.* Moscow: Nauka; 1981. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

*** Годжаев Теймур Захидович,**
заведующий сектором «Моделирование и оптимизация МЭС»;
адрес: Россия, 109428, Москва, 1-й Институтский пр-д, д. 5;
ORCID: 0000-0002-4496-0711;
eLibrary SPIN: 1892-8405;
e-mail: tgodzhaev95@yandex.ru

Зубина Валерия Александровна,
канд. техн. наук,
старший научный сотрудник лаборатории системы мобильных энергетических средств;
ORCID: 0000-0002-6657-1899;
eLibrary SPIN: 3410-5062;
e-mail: lera_zubina@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

*** Teymur Z. Godzhaev,**
Head of the Modeling and Optimization of MEUs Sector;
address: 5 1st Institutsky dr, Moscow, Russia, 109428;
ORCID: 0000-0002-4496-0711;
eLibrary SPIN: 1892-8405;
e-mail: tgodzhaev95@yandex.ru

Valeria A. Zubina,
Cand. Sci. (Engineering),
Senior Researcher of the Laboratory of Moving Energy Units;
ORCID: 0000-0002-6657-1899;
eLibrary SPIN: 3410-5062;
e-mail: lera_zubina@mail.ru