

EDN: NRITVD

DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-91-98



Научная статья

УДК 631.31:631.331:631.33.024



Технико-экономическая оценка технологий улучшения кормовых угодий

Александр Владимирович Лавров,
кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник, e-mail: vimlavrov@mail.ru;
Арсен Хасанбиевич Текушев,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: kmk3.vim@mail.ru;

Светлана Александровна Давыдова,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: davidova-sa@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Развитие кормовой базы основано на технологиях выращивания культур, обеспечивающих высокую продуктивность и удовлетворяющих потребности внутреннего рынка в качественных кормах, снижение затрат труда и повышение энергоэффективности при заготовке и хранении кормов. (*Цель исследования*) Провести сравнительную оценку технико-экономических показателей традиционной, интенсивной, высокой технологий и комплексов машин для производства кормовых культур. (*Материалы и методы*) Исследования проведены на основе научных публикаций по улучшению естественных угодий для производства кормовых культур, аналитических, информационных материалов и других доступных источников за 2011-2022 годы. Для обобщенной технико-экономической оценки традиционной, интенсивной и высокоинтенсивной технологий и комплексов машин для производства кормовых культур выбраны следующие показатели: затраты труда, топлива, металлоемкость, удельные энергозатраты. (*Результаты и обсуждение*) Исследование проведено на основе методики ВИМ. Для оценки технико-экономических показателей различных типов сельскохозяйственной техники предложен классификатор сельскохозяйственных технологий. Составлены схемы технологий освоения закустаренных угодий, коренного и поверхностного улучшения видового состава травостоя и коренного улучшения видового состава травостоя культурных и естественных кормовых угодий. Рассчитан коэффициент эффективности энергозатрат сравнимых технологий в различных почвенно-климатических зонах. (*Выводы*) Сравнительный анализ технико-экономических показателей комплексов машин, а также их комбинированных вариантов с применением как традиционных, так и перспективных multifunctional комплексов, позволяет рекомендовать оптимальные решения для производства кормов с учетом продуктивности угодий. Наименьшее количество ресурсов на производство единицы продукции потребуются при реализации варианта высокой технологии улучшения кормовых угодий.

Ключевые слова: кормопроизводство, машинные технологии, кормовые угодья, технологии заготовки кормов, факторы интенсификации, технико-экономическая оценка.

■ **Для цитирования:** Лавров А.В., Текушев А.Х., Давыдова С.А. Технико-экономическая оценка технологий улучшения кормовых угодий // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2024. Т. 18. №3. С. 91-98. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-91-98. EDN: NRITVD.

Scientific article

Technical and Economic Assessment of Technologies for Forage Land Improvement

Alexandr V. Lavrov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: vimlavrov@mail.ru;

Arsen Kh. Tekushev,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: kmk3.vim@mail.ru;

Svetlana A. Davydova,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: davidova-sa@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper highlights that the development of the forage base relies on crop cultivation technologies that ensure high productivity, meet the domestic market's demand for high-quality feed, reduce labor costs and increase energy efficiency in feed preparation and storage. (*Research purpose*) The paper aims to conduct a comparative assessment of the technical and economic indicators of traditional, intensive, and high technologies, as well as machine complexes, for forage crop production.

(*Materials and methods*) The study is based on scientific publications from 2011 to 2022 that focus on the improvement of natural lands for forage crop production, as well as on analytical and information materials, and other available sources. For a comprehensive technical and economic assessment of traditional, intensive and high-intensity technologies, as well as machine complexes used in forage crop production, the following indicators are selected: labor costs, fuel consumption, metal usage, and specific energy consumption. (*Results and discussion*) The study is conducted using the VIM methodology. A classifier of agricultural technologies is proposed to assess the technical and economic indicators of various types of agricultural machinery. The study results in the development of technological schemes for the reclamation of overgrown lands, the radical and surface improvement of herbage species composition and the radical improvement of herbage species composition in cultivated and natural forage lands. Additionally, the efficiency coefficient of energy consumption for the compared technologies across different soil and climatic zones are calculated. (*Conclusions*) A comparative analysis of the technical and economic indicators of machine complexes, including both traditional and advanced multifunctional systems, enables the recommendation of optimal solutions for forage production based on land productivity. The most resource-efficient option for producing a unit of output is achieved through the implementation of high technologies for improving forage lands.

Keywords: forage production, machine technologies, forage lands, forage harvesting technologies, intensification factors, technical and economic assessment.

■ **For citation:** Lavrov A.V., Tekushev A.Kh., Davydova S.A. Technical and economic assessment of technologies for forage land improvement. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N3. 91-98 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-3-91-98. EDN: NRITVD.

Кормопроизводство – ведущая, многопрофильная и наиболее важная для повышения плодородия почвы отрасль сельского хозяйства, которая во взаимодействии с другими секторами АПК способствует росту производства продуктов земледелия, обеспечивает животноводство объемами кормами и зернофуражом. В России в настоящее время корма получают с площади 50 млн га сеянных сенокосов и 91 млн га природных кормовых угодий. Корма по объемам заготовки значительно превосходят валовое производство другой продукции АПК и составляют около 900 млн т в год [1].

Бессистемное использование, ненадлежащий уход за угодьями, недостаточная техническая оснащённость привели к сокращению валового сбора кормов в 3 раза [2]. Поэтому в кормбикормовой отрасли необходимы изменения с ориентацией на повышение уровня производства и рентабельности [3, 4]. Создание эффективной системы, когда заготавливаемые корма будут рассматриваться как товар для реализации и получения прибыли, позволит обеспечить достаточное количество высококачественных кормов и продовольственную безопасность страны [5, 6].

Цель исследования: провести сравнительную оценку технико-экономических показателей традиционной, интенсивной и высокой технологий, а также комплексов машин для производства кормовых культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для обобщенной технико-экономической оценки традиционной, интенсивной, высокоинтенсивной технологий и комплексов машин для производства кормов были выбраны показатели: затраты труда; затраты топлива; металлоемкость; удельные энергозатраты

[7]. На основе разработанного проекта системы машин и технологий ФГБНУ ФНАЦ ВИМ методики формирования механизированных технологий с использованием блочно-модульного принципа построения технологий проведена сравнительная оценка технико-экономических показателей традиционной, интенсивной и высокой технологий и комплексов машин для производства кормовых культур.

Производительность агрегата за один час сменного времени

$$W_{\text{ч}} = W_{\text{см}} / \tau_{\text{см}}, \text{ га/ч.} \quad (1)$$

Коэффициент использования времени смены $\tau_{\text{см}}$ вычисляется по элементарным составляющим:

$$\tau_{\text{см}} = \frac{\tau_1}{1 + \tau_{\text{пов}} + \tau_{\text{н.у.}} + \tau_{\text{т.о.}} + \tau_{\text{пер}}}, \quad (2)$$

где τ_1 – коэффициент, не зависящий от ширины захвата и рабочей скорости; $\tau_{\text{пов}}$, $\tau_{\text{н.у.}}$, $\tau_{\text{т.о.}}$ и $\tau_{\text{пер}}$ – относительные затраты времени соответственно на повороты, устранение нарушений технологического процесса и технический уход в борозде, технологическое обслуживание, переезды и перестроения агрегата из рабочего положения в транспортное и наоборот.

Погектарный расход топлива

$$q = \frac{G_{\text{т.н.}}}{W_{\text{ч}}} (\lambda_{\text{ч}} + \lambda_{\text{пов}} \tau_{\text{пов}} + \lambda_{\text{н.у.}} \tau_{\text{н.у.}} + \lambda_{\text{т.о.}} \tau_{\text{т.о.}} + \lambda_{\text{пер}} \tau_{\text{пер}}), \text{ кг/га,} \quad (3)$$

где $G_{\text{т.н.}}$ – номинальный расход топлива, кг/ч; λ_j – отношение расхода топлива в рабочем режиме и при выполнении необходимых вспомогательных операций к номинальной величине.

Энергетические затраты на обработку единицы площади

$$E = E_n + E_{\text{ж}} + E_{\text{тр}} + E_{\text{схм}}, \text{ МДж/га}, \quad (4)$$

где E_n – прямые затраты энергии, выраженные расходом топлива, МДж/га; $E_{\text{ж}}$ – энергетические затраты живого труда, МДж/га; $E_{\text{тр}}$, $E_{\text{схм}}$ – энергоёмкость средств механизации: трактора и сельхозмашины (сельхозорудия), МДж/га.

Прямые затраты энергии

$$E_n = G_T \cdot \alpha_T, \text{ МДж/га}, \quad (5)$$

где G_T – удельный расход топлива, определяемый по результатам сравнительной эксплуатационно-технологической оценки работы МТА, кг/га; α_T – теплотемпература топлива, МДж/кг.

Учет энергозатрат живого труда производится на основе норм, предусматривающих градацию труда (тяжелый, средний, легкий и очень легкий):

$$E_{\text{ж}} = \frac{n \cdot \alpha_{\text{ж}}}{W_{\text{сн}}}, \text{ МДж/га}, \quad (6)$$

где n – число основных и вспомогательных работников, чел.; $\alpha_{\text{ж}}$ – энергетический эквивалент затрат живого труда, МДж; $W_{\text{сн}}$ – производительность агрегата, га/ч.

Средства механизации переносят на создаваемый продукт энергию, затраченную на производство не полностью, а частично. В связи с этим энергоёмкость трактора

$$E_{\text{тр}} = \frac{\alpha_{\text{тр}} \cdot M_T}{100 \cdot W_{\text{см}}} \cdot \left(\frac{a_{\text{рм}} + a_{\text{рн}}}{T} \right), \text{ МДж/га}, \quad (7)$$

где $\alpha_{\text{тр}}$ – энергетический эквивалент 1 кг массы трактора, МДж; M_T – масса трактора, кг; $a_{\text{рм}}$ и $a_{\text{рн}}$ – годовые отчисления на ремонт и реновацию, %; T – нормативная годовая загрузка трактора, ч.

Аналогично определяется энергоёмкость сельхозмашины или орудия

$$E_{\text{схм}} = \frac{\alpha_{\text{схм}} \cdot M_{\text{схм}}}{100 \cdot W_{\text{см}}} \cdot \left(\frac{a'_{\text{рм}} + a'_{\text{рн}}}{T'} \right), \text{ МДж/га}, \quad (8)$$

где $\alpha_{\text{схм}}$ – энергетический эквивалент 1 кг массы сельхозмашины или орудия, МДж; $M_{\text{схм}}$ – масса сельхозмашины, кг; $a'_{\text{рм}}$ и $a'_{\text{рн}}$ – отчисления на ремонт и реновацию, %; T' – нормативная загрузка сельхозмашины либо орудия, ч.

Суммарную энергоёмкость технологической операции при проведении работ серийным и опытным агрегатом определяли по формуле (4).

Результаты и обсуждение. Технология и техническая оснащённость зависят от вида заготавливаемых кормов [8]. По данным ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», площади культурных пастбищ, специализированных по агроклиматическим зонам и видам скота, должны составлять 20–24 млн га, а площади улуч-

шенных сенокосов – не менее 15,3 млн га. Для восстановления кормовых угодий на заброшенной пашне из 40 млн га целесообразно вернуть в хозяйственный оборот примерно 15 млн га наиболее плодородных земель или провести их консервацию путем ускоренного залужения [9]. Однако прогнозные данные могут быть реализованы только при комплексном подходе: повышении продуктивности кормовых угодий; улучшении сенокосов и пастбищ [10]; обеспечении хозяйств высокосортными семенами лугопастбищных, многолетних и однолетних кормовых трав; применении полных доз сбалансированных минеральных удобрений [11]; разработке и реализации мер в системе севооборотов по использованию многолетних трав [12].

Существуют различные классификации сельскохозяйственных технологий, сформулированные разными авторами. Все они отличаются друг от друга, причем во многих случаях весьма значительно.

Академиком Россельхозакадемии Н.В. Краснощевым предложена классификация сельскохозяйственных технологий на четыре категории по интенсивности управляемого воздействия на количество и качество урожая [13]. Однако, такая классификация не определяет в полной мере отличительные признаки технологий с точки зрения типов применяемых сельскохозяйственных машин.

Для оценки технико-экономических показателей типов сельскохозяйственной техники предлагается классификатор технологий, который позволит выделить основные особенности каждой группы технологий с учетом применяемых типов машин.

Традиционные технологии обусловлены применением машинно-тракторных агрегатов в составе тракторов тяговой концепции и однооперационных машин с пассивными рабочими органами для возделывания сельскохозяйственных культур, а также самоходных комбайнов или машинно-тракторных агрегатов с прицепными машинами для уборки.

Интенсивные технологии обусловлены применением машинно-тракторных агрегатов в составе тракторов тягово-энергетической концепции и однооперационных машин, имеющих активные рабочие органы, для возделывания сельскохозяйственных культур, а также самоходных комбайнов или машинно-тракторных агрегатов с прицепными машинами для уборки.

Высокоинтенсивные технологии ориентированы на применение машинно-тракторных агрегатов в составе мобильных энергетических средств с комбинированными машинами для обработки почвы, внесения удобрений и посева, самоходных машин для защиты от вредителей, болезней и сорняков, а также самоходных комбайнов для уборки.

Для технико-экономической оценки традиционной, интенсивной и высокоинтенсивной технологий и комплексов машин для производства кормовых культур выбраны показатели: затраты труда; затраты топлива; металлоемкость; удельные энергозатраты [14, 15].

На основе разработанной ФГБНУ ФНАЦ ВИМ методики формирования механизированных технологий проекта системы машин с использованием блочно-модульного принципа составлены схемы технологий освоения закустаренных угодий, коренного и поверхностного улучшения видового состава травостоя (рис. 1) и коренного улучшения

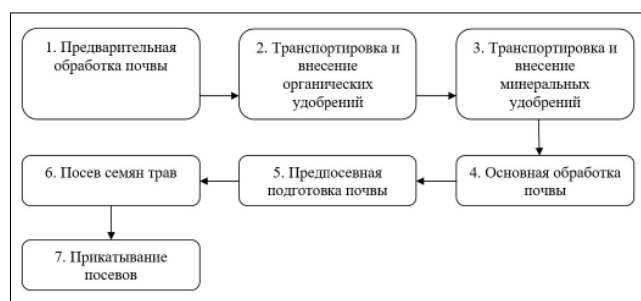


Рис. 1. Схема технологий освоения закустаренных угодий, коренного и поверхностного улучшения видового состава травостоя культурных и естественных кормовых угодий (технологические модули)

Fig. 1. Diagram of technologies for developing overgrown lands, radical and surface improvement of herbage species composition in cultivated and natural forage lands (technological modules)

видового состава травостоя культурных и естественных кормовых угодий (рис. 2) [16, 17].



Рис. 2. Схема технологии коренного улучшения кормовых угодий

Fig. 2. Diagram of technology for the radical forage land improvement

Традиционная технология (технология В) является базовой и включает 12 операций (табл. 1).

В интенсивной технологии (технология Б) при использовании фрезерной обработки почвы четыре операции исключены из перечня (табл. 2).

В высокой технологии коренного улучшения кормовых угодий (технология А) включен машинно-тракторный агрегат в составе универсального энергосредства УЭС 290/450 и комбинированного агрегата АЗ-5,2; число основных операций уменьшилось до шести (табл. 3).

Таблица 1 ТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ КОРМОВЫХ УГОДИЙ TRADITIONAL TECHNOLOGY FOR THE RADICAL FORAGE LAND IMPROVEMENT					Table 1	
Операция	Состав агрегата		Выработка за 1 ч эксплуатационного времени, га (норматив)	Расход топлива, кг/га (норматив)		
	Трактор, энергосредство, тяговый класс, марка (аналог)	Тип машин, марка (аналог)				
1. Химическая обработка засоренных пастбищ, сенокосов	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Опрыскиватель, ОП-2500	4,0	2,4		
2. Известкование	Тр.3 Агромаш 90 ТГ	Разбрасыватель МУ,РУП-8	1,75	6,0		
3. Погрузка органических удобрений	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Погрузчик, ПЭ-Ф-1Б	3,0	3,2		
4. Транспортировка и внесение органических удобрений	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Разбрасывать ОУПРТ-10	0,19	50		
5. Дискование в два следа	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Борона дисковая, БДТ-3	2,1	5,0		
6. Вспашка с оборотом пласта	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Плуг, ПЛН-4-35	1,3	8,1		
7. Дискование в 2 следа	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Борона дисковая, БДТ-3	2,1	5,0		
8. Боронование	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Борона зубовая, БЗСТС-1	1,2	8,8		
9. Прикатывание	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Каток, ЗКВГ-1,4	3,3	2,9		
10. Транспортировка минеральных удобрений и семян	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Прицеп, 2ПТС-4,5	2,7	3,5		
11. Посев с внесением минеральных удобрений	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Сеялка, СЛТ-3,6	4,0	2,6		
12. Прикатывание посевов	Трактор, 1,4, Беларус 82.1	Каток, ЗКВГ-1,4	3,3	2,9		

Таблица 2

Table 2

ИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ КОРМОВЫХ УГОДИЙ
INTENSIVE TECHNOLOGY FOR THE RADICAL FORAGE LAND IMPROVEMENT

Операция	Состав агрегата		Выработка за 1 ч эксплуатационного времени, га (норматив)	Расход топлива, кг/га (норматив)
	Трактор, энергосредство, тяговый класс, марка (аналог)	Тип машин, марка (аналог)		
1. Химическая обработка засоренных пастбищ, сенокосов	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Опрыскиватель, ОП-2500	4,0	3,8
2. Известкование	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Разбрасыватель МУ, РУП-8	1,75	6,0
3. Погрузка органических удобрений	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Погрузчик, ПЭ-Ф-1Б	3,0	3,2
4. Транспортировка и внесение органических удобрений	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Разбрасывать ОУ, ПРТ-10	0,19	50
5. Фрезерная обработка почвы	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Фреза, ФКБ-2	1,04	19,3
6. Прикатывание	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Каток, ЗКВГ-1,4	3,3	2,9
7. Транспортировка минеральных удобрений и семян	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Прицеп, 2ПТС-4,5	2,7	3,5
8. Посев с внесением минеральных удобрений	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Сеялка, СЛТ-3,6	4,0	2,6
9. Прикатывание посевов	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Каток, ЗКВГ-1,4	3,3	2,9

Таблица 3

Table 3

ВЫСОКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ КОРМОВЫХ УГОДИЙ
HIGH TECHNOLOGY FOR THE RADICAL FORAGE LAND IMPROVEMENT

Операция	Состав агрегата		Выработка за 1 ч эксплуатационного времени, га (норматив)	Расход топлива, кг/га (норматив)
	Трактор, энергосредство, тяговый класс, марка (аналог)	Тип машин, марка (аналог)		
1. Химическая обработка засоренных пастбищ, сенокосов	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Опрыскиватель, ОП-2500	4,0	3,8
2. Известкование	Трактор, 3 Агромаш 90 ТГ	Разбрасыватель МУ, РУП-8	1,75	6,0
3. Погрузка органических удобрений	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Погрузчик, ПЭ-Ф-1Б	3,0	3,2
4. Транспортировка и внесение органических удобрений	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Разбрасыватель ОУ, ПРТ-10	0,19	50
5. Транспортировка минеральных удобрений и семян	Трактор, 1,4, Беларусь 82.1	Прицеп, 2ПТС-4,5	2,7	3,5
6. Фрезерование с предпосевным уплотнением, высева семян трав, локальное внесение минеральных удобрений и прикатывание	Мобильное энергетическое средство, 5, УЭС-290/450	Агрегат ускоренного залужения, АЗ-5,2	8,0	6,7

Таблица 4

Table 4

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЙ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ КОРМОВЫХ УГОДИЙ
TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF TECHNOLOGIES FOR THE RADICAL FORAGE LAND IMPROVEMENT

Показатель	Технология С	Технология В	Технология А
Урожайность, т/га	2	3,5	4,5
Затраты труда, чел.ч: на 1 га на 1 т	10,2 5,10	8,61 2,46	6,91 1,54
Затраты топлива, кг: на 1 га на 1 т	100,4 50,20	94,2 26,91	73,2 16,27
Металлоемкость, кг: на 1 га на 1 т	63,36 31,68	53,64 15,33	43,55 9,68
Удельные энергозатраты, мДж: на 1 га на 1 т	11984,46 5992,23	10706,26 3058,93	8539,4 1897,
Коэффициент эффективности и энергозатрат	2,70	6,16	9,93

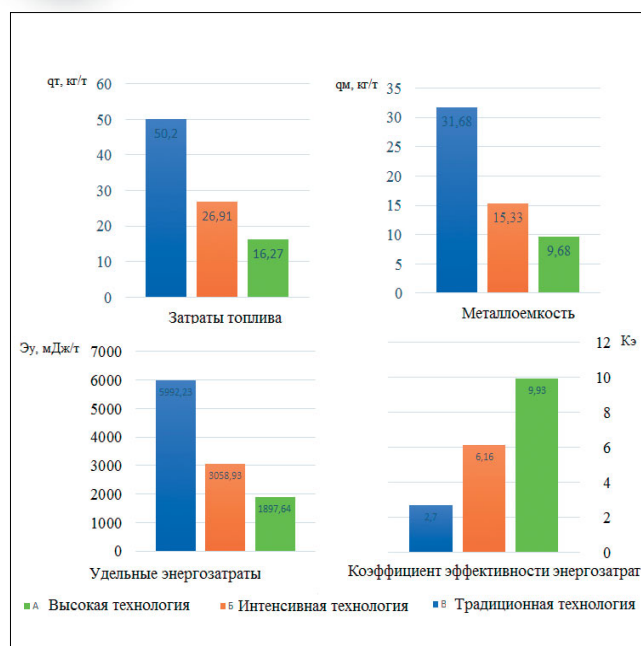


Рис. 3. Диаграммы показателей энергоэффективности выполнения технологического процесса традиционной, интенсивной и высокой технологий коренного улучшения кормовых угодий

Fig. 3. Diagrams of energy efficiency indicators for the implementation of the technological process of traditional, intensive and high technologies for the radical improvement of forage lands

Анализ технико-экономических показателей традиционной (В), интенсивной (Б) и высокой (А) технологий коренного улучшения кормовых угодий в различных почвенно-климатических зонах, проведенный на основе методики формирования систем машин и технологий, разработанной в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, позволяет рассчитать коэффициент эффективности энергозатрат [18] (табл. 4, рисунок).

Коэффициент эффективности энергозатрат для технологии А составляет 9,93, технологии Б – 6,16, технологии В – 2,7. Соотношения А:Б = 160%, А:В = 368%, в то время как соотношения урожайности 4,5:3,5 = 29%, 4,5:2 = 225%, что свидетельствует о преимущественном влиянии показателей энергоэффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов на коэффициент эффективности энергозатрат. Соответственно, по удельным затратам труда, топлива, металлоемкости и энергозатратам технология А превосходит остальные, что подтверждает эффективность ее применения.

Выводы. В результате анализа технико-экономических показателей технологий коренного улучшения кормовых угодий установлено, что наименьшее количество ресурсов на единицу продукции потребуется при реализации варианта высокой технологии: затраты труда – 1,54 чел.-ч/т, затраты топлива – 16,27 кг/т, металлоемкость – 9,68 кг/т, удельные энергозатраты 1897 МДж/т.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Кормопроизводство и рациональное природопользование // *Адаптивное кормопроизводство*. 2016. N2. С. 6-20. EDN: WYMJXJ.
- Лавров А.В. Зубина В.А. Методические подходы к оценке технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах для АПК // *Агроинженерия*. 2021. N1(101). С. 20-26. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-20-26.
- Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Марченко О.С., Ценч Ю.С. Создание инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства кормов – основа развития животноводства // *Вестник МГАУ им. В.П. Горячкина*. 2017. N6 (82). С. 23-28. DOI: 10.26897/1728-7936-2017-6-23-28.
- Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V. et al. Improvement of forage lands in central non-black earth zone of Russia by using some integrated approaches. *Plant Science Today*. 2021. Vol. 8. N1. 9-15. DOI: 10.14719/pst.2021.8.1.827.
- Алдошин Н.В., Васильев А.С., Голубев В.В. Обоснование приемов обработки почвы при освоении залежных земель // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 13. Вып. 1 (64). С. 28-35. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.28.
- Косолапов В.М. Научное обеспечение развития кормопроизводства // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2010. N4(19). С. 19-26. EDN: MWCCRT.
- Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Косолапов В.М. и др. Агроэнергетическая эффективность усовершенствованных технологий и современных систем производства высококачественных объемистых кормов на луговых сенокосах в Нечернозёмной зоне // *Кормопроизводство*. 2021. N7. С. 3-10. EDN: SATPRC.
- Попов В.Д., Сухопаров А.И. Оценка использования потенциала кормовых угодий // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2018. N95. С. 143-153. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10041.
- Косолапов В.М., Чернявских В.И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в их решении // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. N4. С. 5-14. DOI: 10.5385/9/02352451_202236_4_5.
- Volovik V.T., Shpakov A.S. Scientific and practical basis of rapeseed production in the Central Federal District. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 663. 012020. DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012020.
- Shpakov A.S., Brazhnikova T.S. Methods of biologization of grain-grass crop rotations and their influence on fertility of soddy-podzolic soil of the forest zone. *IOP: Earth and*

- Environmental Science*. 2021. Vol. 901. 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012030.
12. Shpakov A.S. Alfalfa (*Medicago sativa*) in forage crop rotations of the forest zone. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 901. 012009. DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012009.
 13. Коновалова Л.К., Окорков В.В. Совершенствование классификации агротехнологий (структурно-модульный подход) // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2019. N3(59). С. 101-112. EDN: LITJVB.
 14. Федорова О.А., Текушев А.Х., Чаплыгин М.Е., Давыдова С.А. Технологии и технические средства для поверхностного улучшения кормовых угодий // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022. N2 (66). 404-414. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50.
 15. Marchenko O., Tekushev A. Prospective technologies, types and calculation of the technical means for the production of forages in arid regions of the country. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2019. Vol. 50. N1. 90-93. EDN: YHZLTA.
 16. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N4. С. 4-12. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
 17. Дмитриев С.Ю., Дмитриев Ю.П., Ценч Ю.С. Комплекс машин агромаш для обработки залежных земель // *Вестник ВИАХ*. 2018. N2(31). С. 40-47. EDN: RXFMCP.
 18. Лавров А.В., Бейлис В.М., Казакова В.А. Порядок разработки машинных технологий для растениеводства // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021. N6(384). С. 69-73. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-69-73.

REFERENCES

1. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Forage production and rational nature management. *Adaptive Fodder Production*. 2016. N2. 6-20 (In Russian). EDN: WYMXJX.
2. Lavrov A.V., Zubina V.A. Methodological approaches to assessing the technological need for farm tractors. *Agricultural Engineering*. 2021. N1 (101). 20-26 (In Russian). DOI: 10.26897/2687-1149-2021-1-20-26.
3. Izmaylov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Marchenko O.S., Tsench Yu.S. Development of innovative machinery and resource-saving technologies of feed production as the basis of livestock breeding development. *Vestnik of Moscow SAU*. 2017. N6 (82). 23-28 (In Russian). DOI: 10.26897/1728-7936-2017-6-23-28.
4. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V. et al. Improvement of forage lands in central non-black earth zone of Russia by using some integrated approaches. *Plant Science Today*. 2021. Vol. 8. N1. 9-15. DOI: 10.14719/pst.2021.8.1.827.
5. Aldoshin N.V., Vasiliev A.S., Golubev V.V. Justification of tillage methods in the development of fallow lands. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020. Vol. 13. N1 (64). 28-35 (In Russian). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.1.28.
6. Kosolapov V. Forage production in the development of Russian agriculture. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2010. N4(19). 19-26 (In Russian). EDN: MWCCRT.
7. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Kosolapov V.M. Energy efficiency of improved technologies and modern systems of bulk feed production of high quality on highlands of the non-chenrozem region. *Fodder Production*. 2021. N7. 3-10 (In Russian). EDN: SATPRC.
8. Popov V.D., Sukhoparov A.I. Assessment of the use of fodder-producing area potential. *AgroEcoEngineering*. 2018. N95. 143-153 (In Russian). DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10041.
9. Kosolapov V.M., Chernivskih V.I. Fodder production: state, problems and role of the Federal Williams Research Centre of fodder production and agroecology in their solving. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2022. N36 (4). 5-14 (In Russian). DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5.
10. Volovik V.T., Shpakov A.S. Scientific and practical basis of rapeseed production in the Central Federal District. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 663. 012020 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012020.
11. Shpakov A.S., Brazhnikova T.S. Methods of biologization of grain-grass crop rotations and their influence on fertility of soddy-podzolic soil of the forest zone. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 901. 012030 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012030.
12. Shpakov A.S. Alfalfa (*Medicago sativa*) in forage crop rotations of the forest zone. *IOP: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 901. 012009 (In English). DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012009.
13. Konovalova L.K., Okorkov V.V. Development of classification of agrotechnologies (structural and modular approach). *Modern High Technologies. Regional Application*. 2019. N3(59). 101-112 (In Russian). EDN: LITJVB.
14. Fedorova O.A., Tekushev A.Kh., Chaplygin M.E., Davydova S.A. Technologies and technical means for simplified improvement of forage lands. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022. N2(66). 404-414 (In Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-50.
15. Marchenko O., Tekushev A. Prospective technologies, types and calculation of the technical means for the production of forages in arid regions of the country. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2019. Vol. 50. N1. 90-93 (In English). EDN: YHZLTA.

16. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S. Principles of forming machine and technology systems for integrated mechanization and automation of technological processes in crop production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. Vol. 16. N4. 4-12 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12.
17. Dmitriev S.Yu., Dmitriev Yu.P., Tsench Yu.S. Agromash machinery complex for processing of fallow land. *Vestnik VIESH*. 2018. N2(31). 40-47 (In Russian). EDN: RXFMCP.
18. Lavrov A.V., Beilis V.M., Kazakova V.A. Procedure for development of machine technologies for crop production. *International Agricultural Journal*. 2021. N6 (384). 69-73 (In Russian). DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-69-73.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Лавров А.В. – обобщение и оформление материалов, предложена новая классификация агротехнологий;
 Текушев А.Х. – формирование комплекса машин для различных вариантов агротехнологий производства кормовых культур;
 Давыдова С.А. Проведение расчета технико-экономических показателей рассмотренных агротехнологий производства кормовых культур.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Lavrov A.V. – material overview and organisation; proposing a new classification of agricultural technologies;
 Tekushev A.Kh. – arranging the machine complexes for various agricultural technologies in forage crop production.
 Davydova S.A. – calculation of the technical and economic indicators for the analyzed agricultural technologies in forage crop production.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

01.07.2024
 29.08.2024