

Научная статья

Original article

УДК 338.43

doi: https://doi.org/10.55186/2413046X_2026_11_6_76

edn: TVKUFY

**ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ
КОМБИНИРОВАННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ESTIMATION OF OPERATING COSTS WHEN USING A COMBINED
IRRIGATION SYSTEM**



Травкин Владислав Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483 Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, 38), тел. 8(496)6-170-474, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1052-0125>, vlad.travkin.1992@mail.ru.

Мищенко Николай Андреевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483 Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, 38), тел. 8(496)6-170-474, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6002-5202>, mishenko.nikolai@bk.ru.

Евсеев Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры, ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет» (140411, Россия, г. Коломна, ул. Зеленая, д. 30) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6133-2661>, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Травкина Алина Рафиковна, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (140483 Московская обл., Коломенский район, пос. Радужный, 38), тел. 8(496)6-170-474, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0770-4292>, gimazova.a@bk.ru

Travkin Vladislav Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga» (38, Raduzhny settlement, Kolomensky District, Moscow Region, 140483, Russia), tel. +7(496)6-170-474, ORCID: 0009-0002-1052-0125, vlad.travkin.1992@mail.ru

Mishchenko Nikolay Andreevich, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga» (38, Raduzhny settlement, Kolomensky District, Moscow Region, 140483, Russia), tel. +7(496)6-170-474, ORCID: 0009-0002-6002-5202, mishchenko.nikolai@bk.ru

Evseev Evgeniy Yurevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State University of Humanities and Social Studies (30 Zelenaya St., Kolomna, 140411, Russia), ORCID: 0000-0002-6133-2661, evseev.evgeniy.1995@mail.ru

Travkina Alina Rafikovna, Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigation Systems and Agricultural Water Supply «Raduga» (38, Raduzhny settlement, Kolomensky District, Moscow Region, 140483, Russia), tel. +7(496)6-170-474, ORCID: 0009-0001-0770-4292, gimazova.a@bk.ru

Аннотация. На сегодняшний день дождевание занимает ведущую роль в структуре оросительных мелиораций, а дождевальные машины кругового действия являются основным видом применяемой техники. Несмотря на широкое распространение, они характеризуются низким коэффициентом земельного использования, который для типового квадратного поля

составляет около 0,78, а на участках сложной конфигурации может снижаться до 0,5 и менее. В рамках государственного задания коллективом ФГБНУ ВНИИ «Радуга» разработано технико-технологическое решение, позволяющее повысить коэффициент земельного использования до 0,98 за счет совместной работы широкозахватной дождевальная машины и полустационарной системы с дальнеструйными дождевальными аппаратами, управляемыми посредством радиоканала. Ранее проведенная оценка инвестиционной эффективности показала, что внедрение предложенного решения обеспечивает средний годовой экономический эффект около 7,5 млн руб. при сроке окупаемости порядка одного года. Целью исследования являлась оценка эксплуатационных затрат при применении комбинированной оросительной системы. В соответствии с ГОСТ 34393–2018 выполнена сравнительная оценка прямых эксплуатационных затрат базовой и комбинированной оросительных систем для типового участка площадью 49 га. В состав затрат включались затраты на оплату труда, топливо и смазочные материалы, ремонт и техническое обслуживание, а также амортизационные отчисления. Дополнительно проведена оценка влияния длины широкозахватной дождевальная машины в составе комбинированной системы на величину прямых эксплуатационных затрат для типоразмеров 300, 400, 500 и 600 м. Установлено, что применение комбинированной оросительной системы позволяет снизить прямые эксплуатационные затраты примерно на 9 % по сравнению с базовой системой. Получена аппроксимационная зависимость, описывающая влияние длины широкозахватной дождевальная машины на величину эксплуатационных затрат. Определено, что минимальные прямые эксплуатационные затраты достигаются при длине ШДМ 400 - 500 м и составляют 4480 - 4248 руб./га соответственно.

Abstract. Sprinkler irrigation currently plays a leading role in irrigated agriculture, while center-pivot irrigation machines are the most widely used type of irrigation

equipment. Despite their widespread adoption, these systems are characterized by a relatively low land-use coefficient, which is approximately 0.78 for a typical square field and may decrease to 0.5 or lower for fields with complex configurations. Within the framework of a state-funded research project, a technical and technological solution was developed by the staff of the All-Russian Research Institute “Raduga” to increase the land-use coefficient to 0.98 through the combined operation of a center-pivot irrigation machine and a semi-stationary irrigation system equipped with long-range sprinklers controlled via a radio communication channel. A previous assessment of the investment efficiency of the proposed solution demonstrated an average annual economic benefit of approximately RUB 7.5 million with a payback period of about one year.

The objective of this study was to evaluate the operating costs of the combined irrigation system. In accordance with GOST 34393–2018, a comparative assessment of the direct operating costs of conventional and combined irrigation systems was carried out for a typical 49-ha field. The cost structure included labor costs, fuel and lubricants, repair and maintenance costs, and depreciation charges. In addition, the influence of center-pivot machine length on the direct operating costs of the combined system was evaluated for machine lengths of 300, 400, 500, and 600 m. The results showed that the combined irrigation system reduces direct operating costs by approximately 9% compared with the conventional system. An approximation model describing the relationship between center-pivot machine length and operating costs was obtained. It was determined that the minimum direct operating costs are achieved with machine lengths of 400 - 500 m and amount to RUB 4,480 - 4,248 per hectare, respectively.

Ключевые слова: орошение, дождевание, широкозахватная дождевальная машина, комбинированная оросительная система, коэффициент земельного использования, эксплуатация, прямые эксплуатационные затраты

Keywords: irrigation, sprinkler irrigation, center-pivot irrigation machine, combined irrigation system, land utilization coefficient, operating costs, direct operating costs

Вступление. В современной России дождевальное оборудование является неотъемлемой частью оросительных систем. По последним данным, доля дождевания в орошаемом земледелии превышает 70 %, из которых на круговые широкозахватные дождевальные машины (ШДМ) приходится порядка 80 %. Основными факторами их широкого распространения являются надежность, простота эксплуатации и высокая степень автоматизации [2,9].

Несмотря на технические преимущества, основным недостатком, обусловленным круговой технологией работы, является низкий коэффициент земельного использования (КЗИ), который для типового квадратного поля не превышает 0,78, а при сложной конфигурации может снижаться до 0,50 [3,7].

В рамках государственного задания № 082-00053-25-00 сотрудниками ФГБНУ ВНИИ «Радуга» предложено технико-технологическое решение, позволяющее устранить указанный недостаток. Предполагается, что комбинированная работа ШДМ с полустационарной системой (ПС) с дальнеструйными дождевальными аппаратами, управляемыми с помощью радиомодулей, позволяет повысить КЗИ до 0,98 в зависимости от конфигурации поля [5,8].

Для оценки инвестиционной эффективности предложенного решения были определены капитальные вложения базовой и комбинированной систем, а также рассчитаны годовой экономический эффект и срок окупаемости при выращивании различных сельскохозяйственных культур. В результате установлено, что средний годовой экономический эффект составляет 7,4 млн руб., а срок окупаемости - около одного года.

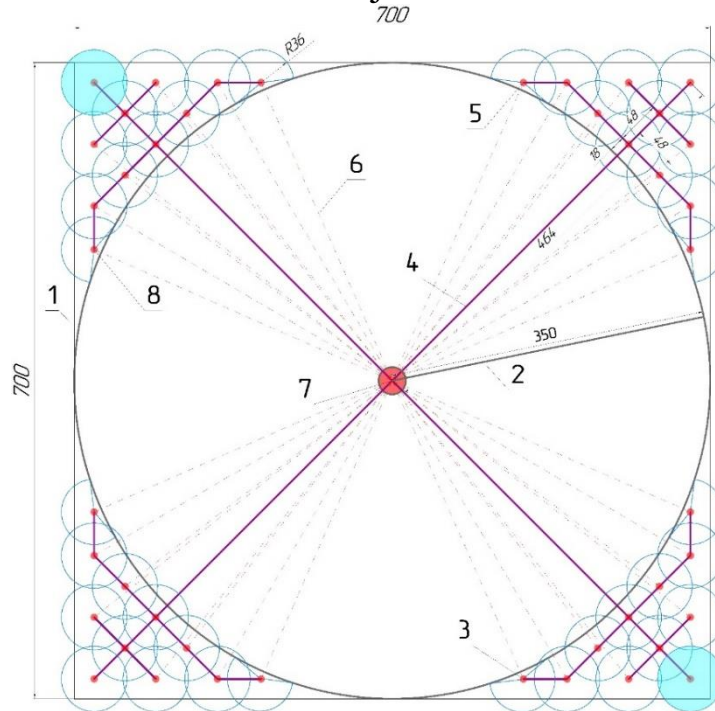
Полученные результаты свидетельствуют о высоком инвестиционном потенциале комбинированной системы. Вместе с тем для комплексной экономической оценки дождевальной техники требуется дополнительно определить эксплуатационные затраты при ее использовании. Для этого необходимо сравнить прямые эксплуатационные затраты базового и комбинированного вариантов систем [12].

Кроме того, поскольку комбинированная система представляет собой модернизацию ШДМ за счет дополнительной установки ПС, следует оценить влияние длины ШДМ в составе комбинированной системы на величину эксплуатационных затрат, что позволит упростить экономический анализ для сельскохозяйственных организаций, планирующих модернизацию существующих дождевальных машин и внедрение комбинированных систем [10,11].

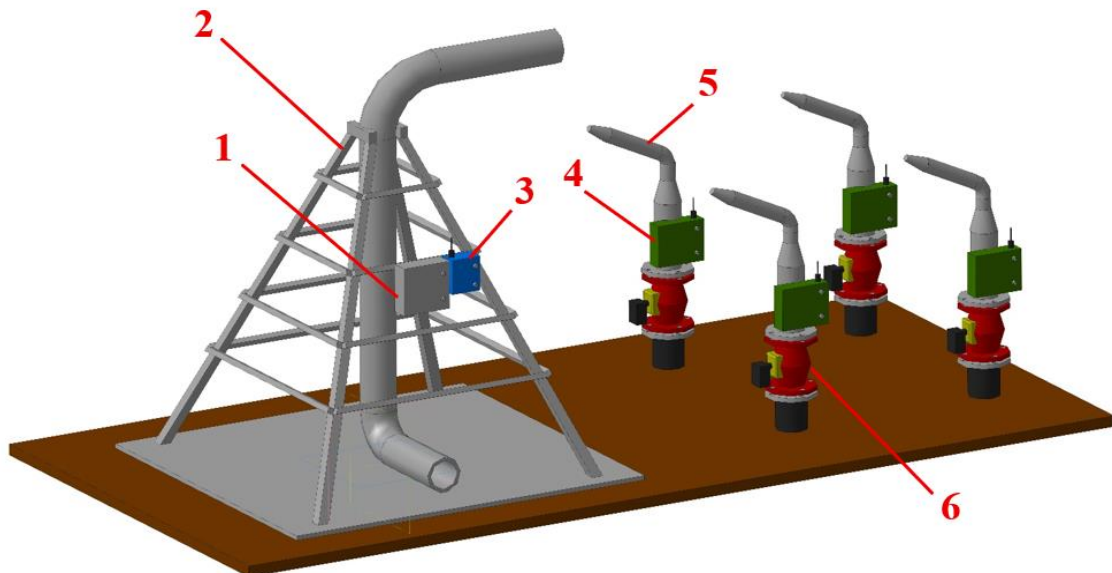
В связи с изложенным **целью** исследования является оценка эксплуатационных затрат при применении комбинированной оросительной системы. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Выполнить сравнительную оценку эксплуатационных затрат базовой и комбинированной оросительных систем при сопоставимых условиях.
2. Оценить влияние длины широкозахватной дождевальной машины в составе комбинированной системы на эксплуатационные затраты.

Методы. В качестве объекта исследования рассматривается комбинированная оросительная система, состоящая из широкозахватной дождевальной машины (ШДМ) и полустационарной системы (ПС), осуществляющей переключение дождевальных аппаратов посредством автоматизированной системы управления поливом (АСУП) (рисунки 1 и 2).



1 – границы участка; 2 – широкозахватная дождевальная машина; 3 – дождевальный аппарат; 4 – магистральный трубопровод; 5 – распределительный трубопровод; 6 – радиоканал; 7 – блок управления с микроконтроллером; 8 – электромагнитный клапан с приемным модулем
 Рисунок 1. Типовая схема ПС для ШДМ длиной 350 м



1 – шкаф управления ШДМ; 2 – центральная башня ШДМ; 3 – блок управления АСУП с модулем передачи радиосигнала; 4 – блок управления АСУП с модулем приема радиосигнала; 5 – дождевальный аппарат; 6 – электромагнитный клапан

Рисунок 2. Конструктивная модель комбинированной оросительной системы с АСУП

Оценка эксплуатационных затрат при применении комбинированной оросительной системы проводилась в соответствии с ГОСТ 34393–2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Для расчета затрат, связанных с эксплуатацией дождевальной техники, в качестве основного показателя использовались прямые (удельные) эксплуатационные затраты на гектар орошаемой площади ($Z_{\text{экс}_i}$), определяемые по формуле:

$$Z_{\text{экс}_i} = Z_{\text{о.т}_i} + Z_{\text{тсм}_i} + Z_{\text{р}_i} + A_i + И_{\text{в.м}_i} \quad \#(1)$$

где: $Z_{\text{о.т}_i}$ – затраты на оплату труда, руб./га;

$Z_{\text{тсм}_i}$ - затраты на топливо и смазочные материалы, руб./га;

$Z_{\text{р}_i}$ - затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

A_i - амортизационные отчисления, руб./га;

$И_{\text{в.м}_i}$ - затраты на вспомогательные материалы, руб./га.

Затраты на оплату труда ($Z_{\text{о.т}_i}$) рассчитывались по формуле:

$$Z_{\text{о.т}_i} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{\text{мех.}}} \lambda_k \tau_k K_3}{W_{\text{см}}} \quad \#(2)$$

где: λ_k – количество работников к-й квалификации, чел.;

τ_k - часовая оплата труда работников к-й квалификации, руб./чел·ч;

K_3 - коэффициент социальных отчислений;

$n_{\text{мех.}}$ - число работников, чел.;

$W_{\text{см}}$ - производительность за 1 ч сменного времени, га/ч [4].

Для расчета затрат на топливо и смазочные материалы ($Z_{\text{тсм}_i}$) применялась формула:

$$Z_{\text{тсм}_i} = g_{\text{т}_i} \cdot \text{Ц}_{\text{т}} \cdot K_{\text{см.м}} \quad \#(3)$$

где: $g_{\text{т}_i}$ - удельный расход топлива, л/ч;

$\text{Ц}_{\text{т}}$ - цена топлива, руб./л;

$K_{\text{см.м}}$ - коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Затраты на ремонт и техническое обслуживание ($Z_{\text{р}_i}$) определялись по формуле:

$$Z_{\text{р}_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{\text{м}}} B_{\text{с}_j} K_{\text{р}_j}}{W_{\text{эк}}} 10^{-4} \quad \#(4)$$

где: $n_{\text{м}}$ - число элементов оросительной системы, шт.;

$B_{\text{с}_j}$ - стоимость j-го элемента оросительной системы (без НДС), руб.;

$K_{рj}$ - норматив отчислений на ремонт и техническое обслуживание j-го элемента оросительной системы за 100 ч работы, %;

$W_{ЭК}$ - производительность оросительной системы за 1 ч эксплуатационного времени, га/ч [1,6].

Стоимость оборудования, входящего в состав оросительных систем, определялась на основании действующих прейскурантов производителей техники, оборудования и материалов [14].

Амортизационные отчисления (A_i) рассчитывались по формуле:

$$A_i = \frac{1}{W_{ЭКi}} \sum_{j=1}^{n_m} \frac{B_{сj}}{R_{мj}} \#(5)$$

где: $R_{мj}$ - амортизационный ресурс j-го элемента оросительной системы, ч.

Затраты на вспомогательные материалы ($I_{в.мi}$) для оросительных систем не учитывались.

Для обеспечения сопоставимых условий сравнительная оценка эксплуатационных затрат базовой и комбинированной оросительных систем проводилась с использованием ШДМ длиной 350 м.

Оценка влияния длины ШДМ в составе комбинированной системы на эксплуатационные затраты выполнялась для типоразмеров 300, 400, 500 и 600 м, являющихся наиболее распространёнными в сельскохозяйственном производстве.

Все расчёты проводились на типовых орошаемых участках квадратной формы.

Результаты

Технико-эксплуатационные и экономические показатели базовой и комбинированной оросительных систем сведены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1. Техничко-эксплуатационные показатели для типового квадратного участка площадью 49,00 га

Показатель	Базовая	Комбинированной
Длина ШДМ, м	350	350
Площадь орошения ШДМ, га	38,47	38,47
Площадь орошения ПС, га	0	9,52
Общая орошаемая площадь (эффективно орошаемая площадь), га	38,47	47,99
Коэффициент земельного использования	0,785	0,98
Производительность, га/ч (при поливной норме 300 м ³ /га и циклом полива 5 суток)	0,32	0,4
Число обслуживающего персонала, чел.	1	1
Удельный расход топлива, л/ч	11	12

Таблица 2. Экономические показатели для типового квадратного участка площадью 49,00 га

Показатель	Базовая	Комбинированной
Часовая оплата труда, руб/чел·ч	420	420
Коэффициент социальных отчислений	1,3	1,3
Цена дизтоплива, руб/л (на май 2026 в Московской области)	78,5	78,5
Коэффициент учета смазочных материалов	1,05	1,05
Норматив отчислений на ремонт и ТО, %	8,0	8,5
Амортизационный ресурс, ч	10 000	12 000
Стоимость оборудования, млн руб.	15,573	20,699

Для комбинированной оросительной системы нормативы отчислений на ремонт и амортизационный ресурс приняты с учетом разнородности ее состава, включающего ШДМ и ПС с радиоэлектронными компонентами [13,15].

Результаты расчетов эксплуатационных показателей для базовой и комбинированной систем отражены на диаграмме (рисунок 3).

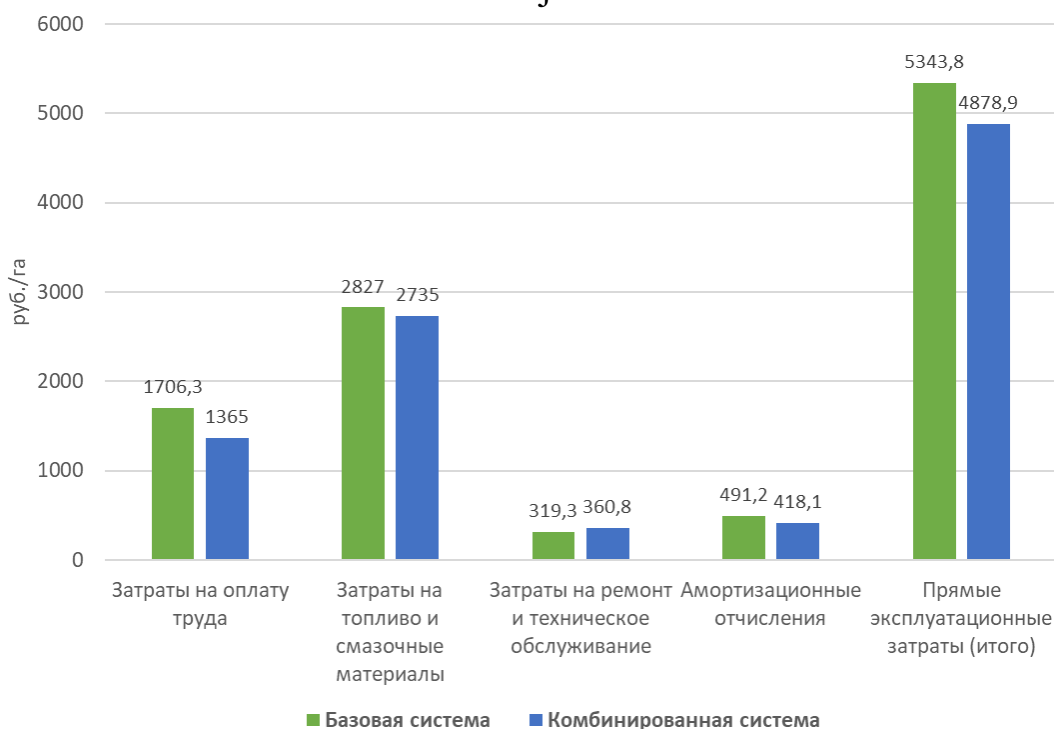


Рисунок 3. Структура прямых эксплуатационных затрат базовой и комбинированной оросительных систем

Результаты расчетов показывают, что удельные эксплуатационные затраты комбинированной системы ниже по сравнению с базовой примерно на 9 %. Снижение достигается за счет повышения производительности и уменьшения амортизационной нагрузки вследствие увеличения эффективно орошаемой площади. При этом рост затрат на ремонт и техническое обслуживание, связанный с усложнением конструкции, не оказывает существенного влияния на итоговый уровень затрат.

Для оценки влияния длины ШДМ на эксплуатационные затраты в составе комбинированной системы выполнен расчет капитальных вложений для вариантов с различной длиной ШДМ. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Капитальные вложения комбинированных систем

Длина ШДМ, м	Стоимость ШДМ, млн. руб.	Стоимость ПС, млн. руб.	Итого, млн. руб.
300	14,2	4,24	18,44
400	16,2	6,72	22,92
500	18,17	9,23	27,4
600	21,54	12,95	34,49

На основе полученных данных выполнен расчет прямых эксплуатационных затрат, по результатам которого построена графическая зависимость, представленная на рисунке 4.

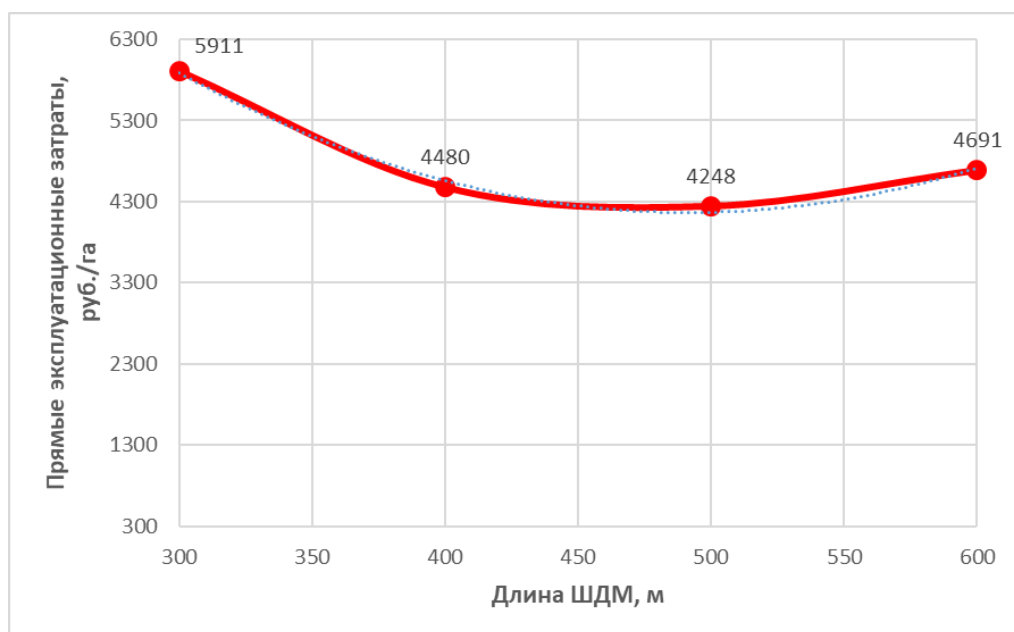


Рисунок 4. Влияние длины ШДМ на прямые эксплуатационные затраты ($Z_{эксп_i}$) в составе комбинированной системы

По результатам аппроксимации получена зависимость, описывающая влияние длины ШДМ в составе комбинированной системы на прямые эксплуатационные затраты:

$$y = 0,0468x^2 - 46,057x + 15485 (R^2 = 0,9917)$$

Установлено, что минимальные прямые эксплуатационные затраты достигаются при длине ШДМ 400 - 500 м и составляют 4480 - 4248 руб./га.

Выводы.

1. Проведенная сравнительная оценка эксплуатационных затрат базовой и комбинированной оросительных систем показала, что прямые эксплуатационные затраты комбинированной системы снижаются примерно на 9 % по сравнению с базовой, что обусловлено повышением производительности и увеличением эффективно орошаемой площади.
2. В результате оценки влияния длины широкозахватной дождевальной машины в составе комбинированной системы на эксплуатационные затраты получена аппроксимационная зависимость, описывающая изменение прямых эксплуатационных затрат в зависимости от длины ШДМ. Установлено, что максимальные прямые эксплуатационные затраты наблюдаются при длине ШДМ 300 м и составляют 5911 руб./га, тогда как минимальные достигаются при длине ШДМ 500 м и составляют 4248 руб./га.

Список источников

1. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. — Введ. 2019-09-01. — М.: Стандартинформ, 2018. — 17 с.
2. К вопросу снижения энергетических затрат на передвижение широкозахватных дождевальных машин / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, В. С. Травкин [и др.] // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2025. – № 3. – С. 16-31. – DOI 10.55186/2658-3569-2025-3-16-31. – EDN LGTDGQ.
3. Повышение эффективности полива широкозахватными дождевальными машинами за счет применения полустационарных систем / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев, А. Р. Травкина // International Agricultural Journal. – 2025. – Т. 68, № 6. – С. 389-408. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_25. – EDN AWWBLV.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025616471 Российская Федерация. Программа расчета прямых эксплуатационных затрат денежных средств на выполнение единицы наработки при производстве сельскохозяйственной продукции : заявл.

06.03.2025 : опубл. 17.03.2025 / М. Г. Кузнецов, М. Х. Газетдинов, И. М. Логинова, Э. Ф. Амирова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет». – EDN SFURRY.

5. Совершенствование комбинированной системы орошения на основе дистанционного управления дождевальными аппаратами / А. И. Рязанцев, Н. А. Мищенко, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев // International Agricultural Journal. – 2025. – Т. 68, № 6. – С. 427-449. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_27. – EDN XFTTOS.

6. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки по ГОСТ Р 53056-2008 // Справочник. Инженерный журнал. – 2009. – № 8(149). – С. 52-58.

7. Технологические схемы работы дождевальных машин с поливом по кругу/ А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, Г. К. Рембалович, А. О. Антипов // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства, Рязань, 09–10 декабря 2025 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2026. – С. 379-385. – EDN YGALKT.

8. Травкин, В. С. Разработка комплекса технических и технологических решений по повышению коэффициента земельного использования и эффективности применения широкозахватных дождевальных машин за счет полива засеваемой площади углов полей / В. С. Травкин, Д. А. Лебедев // Экология и строительство. – 2023. – № 2. – С. 15-21. – DOI 10.35688/2413-8452-2023-02-002. – EDN AFLKSJ.

9. Травкин, В. С. Сравнительный анализ рынка широкозахватных дождевальных машин российской Федерации за 2021 и 2022 годы / В. С. Травкин, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2023. – № 1. – С. 21-25. – EDN YGYXAW.

10. Травкин, В. С. Техническое предложение по технологии монтажа полустационарных оросительных систем с ручным типом переключения для полива засеваемой площади углов при совместной работе с широкозахватными дождевальными машинами / В. С. Травкин, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 1. – С. 49-54. – EDN DVHIRB.
11. Травкин, В. С. Техническое решение по устройству автоматизированной системы управления поливом / В. С. Травкин, Д. А. Лебедев // Вестник мелиоративной науки. – 2024. – № 3. – С. 148-155. – EDN АОЕWKP.
12. Экономическая эффективность применения дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» с усовершенствованной ходовой системы / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, В. С. Травкин, А. Р. Травкина // Московский экономический журнал. – 2026. – Т. 11, № 1. – С. 140-165. – DOI 10.55186/2413-046X-2026-140-165. – EDN JBHWDT.
13. Экономическая эффективность применения усовершенствованной дождевальной машины кругового действия на склонах / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, С. С. Турапин [и др.] // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10, № 11. – С. 389-412. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_11_266. – EDN CKGZTK.
14. Экономическая эффективность применения шлангового дождевателя при поливе овощной рассады в защищенном грунте / А. И. Рязанцев, В. С. Травкин, Е. Ю. Евсеев [и др.] // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10, № 6. – С. 319-336. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_6_169. – EDN HSIBGD.
15. Энергосбережение ходовой системы широкозахватной дождевальной машины / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов, И. В. Малько // International Agricultural Journal. – 2026. – Т. 69, № 3. – С. 184-208. – DOI 10.55186/25880209_2026_10_3_29. – EDN ERGTCE.

References

1. GOST 34393-2018. Tekhnika sel'skokhozyajstvennaya. Metody ekonomicheskoy ocenki. – Vved. 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2018. – 17 p.
2. K voprosu snizheniya energeticheskikh zatrat na peredvizhenie shirokozakhvatnykh dozhdeval'nykh mashin / A. I. Ryazancev, E. Yu. Evseev, V. S. Travkin [et al.] // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologij Integral. – 2025. – № 3. – P. 16-31. – DOI 10.55186/2658-3569-2025-3-16-31. – EDN LGTDGQ.
3. Povyshenie effektivnosti poliva shirokozakhvatnymi dozhdeval'nymi mashinami za schet primeneniya polustacionarnykh sistem / A. I. Ryazancev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev, A. R. Travkina // International Agricultural Journal. – 2025. – Vol. 68, № 6. – P. 389-408. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_25. – EDN AWWBLV.
4. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2025616471 Rossijskaya Federaciya. Programma rascheta pryamykh ekspluatacionnykh zatrat denezhnykh sredstv na vypolnenie edinicy narabotki pri proizvodstve sel'skokhozyajstvennoj produkcii : zayavl. 06.03.2025 : opubl. 17.03.2025 / M. G. Kuznecov, M. Kh. Gazetdinov, I. M. Loginova, E. F. Amirova ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». – EDN SFURRY.
5. Sovershenstvovanie kombinirovannoj sistemy orosheniya na osnove distancionnogo upravleniya dozhdeval'nymi apparatami / A. I. Ryazancev, N. A. Mishchenko, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev // International Agricultural Journal. – 2025. – Vol. 68, № 6. – P. 427-449. – DOI 10.55186/25880209_2025_9_6_27. – EDN XFTTOC.
6. Tekhnika sel'skokhozyajstvennaya. Metody ekonomicheskoy ocenki po GOST R 53056-2008 // Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal. – 2009. – № 8(149). – P. 52-58.
7. Tekhnologicheskie skhemy raboty dozhdeval'nykh mashin s polivom po krugu / A. I. Ryazancev, E. Yu. Evseev, G. K. Rembalovich, A. O. Antipov // Kompleksnyj podkhod k nauchno-tekhnicheskomu obespecheniyu sel'skogo

khozyajstva, Ryazan', 09–10 dekabrya 2025 goda. – Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva, 2026. – P. 379-385. – EDN YGALKT.

8. Travkin, V. S. Razrabotka kompleksa tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh reshenij po povysheniyu koefficienta zemel'nogo ispol'zovaniya i effektivnosti primeneniya shirokozakhatnykh dozhdeval'nykh mashin za schet poliva zasevaemoj ploshchadi uglov polej / V. S. Travkin, D. A. Lebedev // Ekologiya i stroitel'stvo. – 2023. – № 2. – P. 15-21. – DOI 10.35688/2413-8452-2023-02-002. – EDN AFLKSJ.

9. Travkin, V. S. Sravnitel'nyj analiz rynka shirokozakhatnykh dozhdeval'nykh mashin Rossijskoj Federacii za 2021 i 2022 gody / V. S. Travkin, D. A. Lebedev // Vestnik meliorativnoj nauki. – 2023. – № 1. – P. 21-25. – EDN YGYXAW.

10. Travkin, V. S. Tekhnicheskoe predlozhenie po tekhnologii montazha polustacionarnykh orositel'nykh sistem s ruchnym tipom pereklyucheniya dlya poliva zasevaemoj ploshchadi uglov pri sovместnoj rabote s shirokozakhatnymi dozhdeval'nymi mashinami / V. S. Travkin, D. A. Lebedev // Vestnik meliorativnoj nauki. – 2024. – № 1. – P. 49-54. – EDN DVHIRB.

11. Travkin, V. S. Tekhnicheskoe reshenie po ustrojstvu avtomatizirovannoj sistemy upravleniya polivom / V. S. Travkin, D. A. Lebedev // Vestnik meliorativnoj nauki. – 2024. – № 3. – P. 148-155. – EDN AOEWKP.

12. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya dozhdeval'noj mashiny krugovogo dejstviya «Kuban'-LK1» s usovershenstvovannoj khodovoj sistemy / A. I. Ryazancev, E. Yu. Evseev, V. S. Travkin, A. R. Travkina // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. – 2026. – Vol. 11, № 1. – P. 140-165. – DOI 10.55186/2413-046X-2026-140-165. – EDN JBHWDT.

13. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya usovershenstvovannoj dozhdeval'noj mashiny krugovogo dejstviya na sklonakh / A. I. Ryazancev, E. Yu. Evseev, S. S. Turapin [et al.] // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. – 2025. – Vol.

10, № 11. – P. 389-412. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_11_266. – EDN CKGZTK.

14. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya shlangovogo dozhdevatelya pri polive ovoshchnoj rassady v zashchishchennom grunte / A. I. Ryazancev, V. S. Travkin, E. Yu. Evseev [et al.] // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. – 2025. – Vol. 10, № 6. – P. 319-336. – DOI 10.55186/2413046X_2025_10_6_169. – EDN HSIBGD.

15. Energoberezhenie khodovoj sistemy shirokozakhvatnoj dozhdeval'noj mashiny / A. I. Ryazancev, E. Yu. Evseev, A. O. Antipov, I. V. Mal'ko // International Agricultural Journal. – 2026. – Vol. 69, № 3. – P. 184-208. – DOI 10.55186/25880209_2026_10_3_29. – EDN ERGTCE.

© *Травкин В.С., Мищенко Н.А., Евсеев Е.Ю., Травкина А.Р., 2026. Московский экономический журнал, 2026, № 6.*