

Энергетическая оценка технологии удаления кустарника и мелколесья с угнетением пней для обеспечения безопасной эксплуатации линейных объектов

Сергей Александрович Анисимов, Дмитрий Геннадьевич Горюнов, Ольга Валериевна Карпова
Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
e-mail: simonova.1967@bk.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос необходимости удаления нежелательной растительности вдоль линейных объектов с целью обеспечения их безопасной эксплуатации. На примере мелиоративных каналов проанализированы базовая и модернизированная технологии удаления кустарника и мелколесья с угнетением пней. Проведена энергетическая оценка модернизированной технологии, которая показала сокращение энергозатрат на 41 % относительно базовой технологии.

Ключевые слова: экономико-энергетическая оценка; линейный объект; древесно-кустарниковая растительность; угнетение пней.

Для цитирования: Анисимов С. А., Горюнов Д. Г., Карпова О. В. Энергетическая оценка технологии удаления кустарника и мелколесья с угнетением пней для обеспечения безопасной эксплуатации линейных объектов // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 65–68. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp65-68>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Energy assessment of technology removal of brush and small trees with stump suppression to ensure safe operation of linear facilities

Sergey A. Anisimov, Dmitry G. Goryunov, Olga V. Karpova
Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
e-mail: simonova.1967@bk.ru

Abstract. The article reviews the need to remove undesirable vegetation along linear objects in order to ensure their safe operation. On the example of reclamation canals, the basic and modernized technologies for the removal of shrubs and small forests with the suppression of stumps are analyzed. An energy assessment of the upgraded technology was carried out, which showed on the 41% reduction in energy costs compared to the base technology.

Keywords: energy assessment; linear object; trees and shrubs; stump suppression.

For citation: Anisimov S. A., Goryunov D. G., Karpova O. V. Energy assessment of technology removal of brush and small trees with stump suppression to ensure safe operation of linear facilities. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(2):65–68. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp65-68>.

Введение. Удаление кустарниковой и древесной растительности, произрастающей вдоль линейных объектов, является важной задачей при проведении работ по их содержанию и обслуживанию. Удаление нежелательной растительности необходимо выполнять для обеспечения безопасной эксплуатации воздушных линий электропередач, трубопроводов, железных и автомобильных дорог, мелиоративных каналов. При этом с увеличением протяженности линейных объектов возрастают объемы работ и затраты на их производство.

Проблему зарастания линейных объектов целесообразно рассмотреть на примере мелиоративных каналов. Известно, что получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур во многом зависит от эффективного использования оросительных мелиораций [1, 7, 10]. Кустарник и мелколесье, произрастающие на каналах, препятствуют проведению эксплуатационных и ремонтных работ, изменяют проектное сечение русла, разрушают облицовку на бермах и откосах, а также способствуют загрязнению воды.

Рассмотрим базовую технологию очистки каналов от кустарника и мелколесья, включающую в себя следующие операции и технические средства [2, 9]:

- 1) срезание растительности (средства малой механизации);
- 2) сбор срезанной растительности в кучи (бульдозер) и последующее ее сжигание;
- 3) корчевание, оставшихся на бермах и откосах пней (бульдозер);
- 4) восстановление поврежденных берм и откосов до проектных значений (бульдозер);
- 5) проведение планировочных работ (автогрейдер).





Следует отметить, что базовая технология очистки каналов малоэффективна, так как требует привлечения значительных трудовых и материальных ресурсов [8]. Кроме того, в ней не предусмотрено угнетение пней, позволяющее предотвратить повторное зарастание каналов молодой порослью. Учитывая, что ежегодное срезание поросли является энерго- и ресурсоемкой технологической операцией [5], разработка и внедрение модернизированной технологии удаления нежелательной растительности вдоль линейных объектов, в частности мелиоративных каналов, предусматривающей угнетение пней после срезания кустарника и мелколесья, является актуальной задачей.

Цель исследования – на примере мелиоративных каналов оценить эффективность применения модернизированной технологии очистки линейных объектов от кустарника и мелколесья с угнетением пней для обеспечения безопасной их эксплуатации.

Методика исследований. Исследования основываются на материалах и данных, отраженных в работах российских научных центров в области мелиорации. Приведены экспериментально-аналитические методы исследований с расчетом экономической оценки полученных результатов. Производственные испытания осуществлялись на каналах Энгельсской оросительной системы. Оценка базовой и модернизированной технологий проводилась согласно [3, 4, 6, 11]. Полученные данные собраны в программе *Excel* (входящей в пакет *Microsoft Office*) и обработаны методами математической статистики.

Результаты исследований. Модернизированная технология очистки мелиоративных каналов от кустарника и мелколесья с угнетением пней включает в себя следующие операции и технические средства.

1. Удаление из зоны проведения работ посторонних предметов.
2. Срезание растительности на бермах (кусторез МК-2(СГАУ), базовый трактор МТЗ-82.1).
3. Сбор срезанной растительности на бермах (подборщик ПС-2(СГАУ), базовый трактор МТЗ-82.1).
4. Срезание растительности на откосах (кусторез КН-3(СГАУ), базовый трактор МТЗ-82.1).
5. Сбор срезанной растительности на откосах (подборщик ПС-2(СГАУ), базовый трактор МТЗ-82.1).
6. Угнетение пней на бермах (устройство ЛВА-1 (СГАУ), базовый трактор МТЗ-82.1).
7. Угнетение пней на откосах (инъектор, ручной инструмент).
8. Переработка растительности в щепу (рубельная машина МР-160, базовый трактор МТЗ-82.1).
9. Вывоз щепы (грузовой автомобиль ЗИЛ-5301АО).
10. Доинъектирование пней на бермах в следующий поливной сезон (инъектор, ручной инструмент).
11. Доинъектирование пней на откосах в следующий поливной сезон (инъектор, ручной инструмент).



Рис. 1. Устройство локального внесения арборицидной смеси на пни ЛВА-1



Рис. 2. Оператор с инъектором

Модернизированная технология предусматривает угнетение пней, оставшихся после удаления кустарника и мелколесья арборицидной смесью, что позволяет предотвратить повторное зарастание берм и откосов порослью. Также в технологии обеспечена возможность лучшего проникновения арборицида в тело пня посредством осуществления механического воздействия. Обработка пней арборицидом производится отдельными операциями, осуществляемыми на бермах канала с помощью устройства ЛВА-1 (рис. 1), на откосах канала – при помощи инъектора (рис. 2).

Согласно проведенным полевым исследованиям, применение операций доинъектирования пней позволило обеспечить более эффективную очистку мелиоративных каналов с последующим устранением повторного зарастания новой порослью. Доля полностью угнетенных пней на второй год исследований составила более 95%. Также была проведена оценка экономической эффективности модернизированной технологии по энергозатратам. Экономическая оценка по энергозатратам является более эффективной, так как энергозатраты не зависят от текущего уровня цен, и выступают стабильным критерием. В нашем случае для оценки базовой и модернизированной технологий рассчитывались полные энергозатраты [6]:

$$\Theta_{\pi} = \sum_j \Theta_{\pi j} + \sum_j \Theta_{oj}, \quad (1)$$

где $\Theta_{\pi j}$ – прямые удельные затраты энергии; МДж/га; Θ_{oj} – овещественные затраты при производстве энергоносителей и других ресурсов, МДж/га.

$$\Theta_{\pi j} = \sum_k q_{kj} e_k, \quad (2)$$

где q_{kj} – норма расхода энергоносителей на единицу объема работы, кг/га; e_k – энергосодержание k -го энергоносителя, МДж.

$$q_{kj} = q_t N_{\text{дв.ном}} K_{\text{инт.дв}} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где q_t – удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя машины, г/кВт·ч; $N_{\text{дв.ном}}$ – номинальная мощность двигателя машины, кВт; $K_{\text{инт.дв}}$ – интегральный нормативный коэффициент изменения расхода топлива в зависимости от режимов загрузки двигателя машины [12].

$$K_{\text{инт.дв}} = K_{\text{т.з.дв}} K_{\text{в.дв}} K_{\text{м.дв}} K_{\text{т.м.дв}} K_{\text{и.дв}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{т.з.дв}}$ – коэффициент, учитывающий расход топлива на запуск и прогревание двигателя, а также ежесменное техническое обслуживание машин ($K_{\text{т.з.дв}} = 1,03$ для всех машин); $K_{\text{в.дв}}$ – коэффициент использования двигателя по времени; $K_{\text{м.дв}}$ – коэффициент использования мощности двигателя; $K_{\text{т.м.дв}}$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя; $K_{\text{и.дв}}$ – коэффициент износа двигателя.

Расход топлива для автотранспорта [13, 14]:

$$\Theta_{\text{ож}} = \Theta_{\text{ож}} + \Theta_{\text{мж}}, \quad (5)$$

где $\Theta_{\text{ож}}$ – энергозатраты, овеществленные в топливе, МДж/га; $\Theta_{\text{мж}}$ – энергоемкость средств механизации, МДж/га.

$$\Theta_{\text{ож}} = \sum_k q_{kj} \alpha_k, \quad (6)$$

где α_k – энергетический эквивалент k -го энергоносителя, МДж.

$$\Theta_{\text{мж}} = \frac{1}{10^2 \Pi_{\text{эж}}} \sum_i \alpha_i M_i \frac{A_i + R_i}{\Phi_i}, \quad (7)$$

где $\Pi_{\text{эж}}$ – эксплуатационная производительность машины, га/ч; α_i – энергетический эквивалент i -й машины, МДж/кг; M_i – масса i -й машины, кг; A_i , R_i – отчисления на реновацию и ремонт по типам машин, %; Φ_i – фонд рабочего времени i -й машины, ч.

Для автомобильного транспорта:

$$\Theta_{\text{м.а.ж}} = \frac{L_j U_j}{10^5 Q_j \beta_j} \sum_i \alpha_i M_i (A'_i + R'_i), \quad (8)$$

где L_j – плечо перевозки груза, км; U_j – количество получаемого продукта (древесины) с 1 гектара, т/га; Q_j – масса груза, перевозимого за один рейс, т; β_j – коэффициент использования пробега; A'_i и R'_i – годовые отчисления на реновацию и ремонт по типам машин на 1000 км пробега, %.

$$\beta_j = L_{\text{гр}} / L_{\text{общ}}, \quad (9)$$

где $L_{\text{гр}}$ – расстояние, пройденное автомобилем с грузом, км; $L_{\text{общ}}$ – общее расстояние, пройденное автомобилем в течение рабочей смены, км.

Затраты энергии труда машиниста (оператора):

$$\Theta_{\text{жж}} = \sum_t \frac{n_{tj} \alpha_t}{\Pi_{\text{эж}}}, \quad (10)$$

где n_{tj} – число работников, занятых в технологическом процессе (или обеспечивающих работу машины) по работам t -й категории, чел.; α_t – энергетический эквивалент живого труда, МДж/чел.-ч.

Для оценки модернизированной технологии рассчитывался критерий энергетической эффективности:

$$K_{\text{э}} = \Theta_{\text{п.мод}} / \Theta_{\text{п.баз}}, \quad (11)$$

где $K_{\text{э}}$ – критерий энергетической эффективности; $\Theta_{\text{п.мод}}$, $\Theta_{\text{п.баз}}$ – полные энергозатраты для модернизированной и базовой технологии, МДж/га.

Показатель интенсификации $I_{\text{э}}$, %, определялся по формуле:

$$I_{\text{э}} = (1 - K_{\text{э}}) 100\%. \quad (12)$$

Результаты расчетов представлены в таблице. Полные энергозатраты для базовой технологии ($\Theta_{\text{п.баз}}$) составили 78098 МДж/га, для модернизированной ($\Theta_{\text{п.мод}}$) – 45784 МДж/га. Коэффициент эффективности энергозатрат $K_{\text{э}} = 0,59$, показатель интенсификации $I_{\text{э}} = 41\%$.



Мероприятие	Энергозатраты, МДж/га		Коэффициент эффективности энергозатрат, К	Показатель интенсификации И, %	Экономия	
	базовая технология	модернизированная технология			энергии, МДж/га	средств, руб./га
Удаление кустарника и мелколесья с угнетением пней	78098	45784	0,59	41	32314	43961

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что для обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации линейных объектов необходимо проведение комплекса мероприятий по их содержанию и обслуживанию. Одной из важнейших задач при этом является удаление нежелательной кустарниковой и древесной растительности. Определено, что одним из путей снижения энергозатрат является проведение операций по угнетению пней, что предотвращает повторное зарастание объектов порослью и исключает необходимость ее последующего ежегодного удаления. Внедрение модернизированной технологии удаления кустарника и мелколесья с угнетением пней вдоль линейных объектов (на примере мелиоративных каналов) позволило сократить полные энергозатраты на 41 %. Экономия полных энергозатрат при выполнении операций модернизированной технологии была получена в размере 32314 МДж/га или в денежном выражении – 43961 руб./га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A., Povarov A. V., Trushin Y. E. Intensification of Melioration through Decreasing Maintenance Load on Irrigation Canals // E3S Web Conf. 2019. DOI:10.1051/e3sconf/201914009009.
2. Абдразаков Ф.К. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве. Саратов, 2002. 352 с.
3. Базаров Б.И. Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве. М., 1985. 43 с.
4. Булохов В.А., Пеннер П.И. Экономический справочник сельского специалиста. М., 1983. 192 с.
5. Драпалюк М.В. Совершенствование технологических операций и рабочих органов машин для выращивания посадочного материала и лесовосстановления: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.01. Воронеж, 2006. 453 с.
6. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / А. Н. Никифоров [и др.]. М., 1995. 66 с.
7. Погоров Т.А. Современное состояние комплекса машин по уходу за оросительными каналами и перспективы его развития // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 2(10). С. 201–214.
8. Соловьев Д.А., Кузнецов Р. Е., Горюнов Д. Г. Механизация эксплуатационных работ на оросительных каналах. Саратов, 2010. 420 с.
9. Соловьев Д.А. Совершенствование технологического процесса и конструкции кустореза для срезания древесно-кустарниковой растительности вдоль оросительных каналов : дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2000. 185 с.
10. Inoshita K. Repair Works for Open Channels Based on Planning of Functional Maintenance // Journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering. -2011. № 4 (VOL 79). P. 44-45.
11. ГОСТ Р 51750–2001. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. М., 2002. 29 с.
12. СП 12-102–2001. Механизация строительства. Расчет расхода топлива на работу строительных и дорожных машин. М., 2004. 13 с.
13. Новые нормы расхода ГСМ на автомобильном транспорте (утверждены распоряжением Минтранса России от 14 марта 2008 г. № АМ-23-Р). М., 2008. 96 с.
14. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. М., 2008. 128 с.

REFERENCES

1. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A., Povarov A. V., Trushin Y. E. Intensification of Melioration through Decreasing Maintenance Load on Irrigation Canals. *E3S Web Conf.* 2019; DOI:10.1051/e3sconf/201914009009.
2. Abdrazakov F.K. Intensification of technologies and improvement of technical means in land reclamation production. Saratov, 2002. 352 p.
3. Bazarov B.I. Guidelines for the assessment of fuel and energy costs for the implementation of mechanized processes in crop production. Moscow, 1985. 43 p.
4. Bulokhov V.A., Penner P. I. Economic reference book of a rural specialist. Moscow, 1983. 192 p.
5. Drapalyuk M.V. Improvement of technological operations and working bodies of machines for growing planting material and reforestation: dis. ... Dr. tech. Sciences: 05.21.01. Voronezh, 2006. 453 p.
6. Methods of energy analysis of technological processes in agricultural production / A. N. Nikiforov et al. Moscow, 1995. 66 p.
7. Pogorov T.A. The current state of the complex of machines for the care of irrigation canals and the prospects for its development. *Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems.* 2013; 2 (10): 201-214.
8. Soloviev D.A., Kuznetsov R. E., Goryunov D. G. Mechanization of maintenance work on irrigation canals. Saratov, 2010. 420 p.
9. Soloviev D.A. Improving the technological process and design of a brush cutter for cutting trees and shrubs along irrigation canals: dis. ... cand. tech. Sciences. Saratov, 2000. 185 p.
10. Inoshita K. Repair Works for Open Channels Based on Planning of Functional Maintenance. *Journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering.* 2011; 4 (79): 44-45.
11. GOST R 51750–2001. Methodology for determining energy intensity in the production of products and the provision of services in technological energy systems. Moscow, 2002. 29 p.
12. SP 12-102-2001. Construction mechanization. Calculation of fuel consumption for the operation of construction and road machines. Moscow, 2004. 13 p.
13. New rates of fuel consumption in road transport (approved by the order of the Ministry of Transport of Russia dated March 14, 2008 No. AM-23-R). Moscow, 2008. 96 p.
14. Norms of consumption of fuels and lubricants in road transport. Moscow, 2008. 128 p.

Статья поступила в редакцию 14.12.2021; одобрена после рецензирования 22.12.2021; принята к публикации 11.01.2022.
The article was submitted 14.12.2021; approved after reviewing 22.12.2021; accepted for publication 11.01.2022.

