

## Рабочее оборудование для удаления пней и эффективность его применения

*В.А. Рытиков, С. В. Египко, Н. П. Долматов*

*Донской государственный аграрный университет, г. Новочеркасск*

**Аннотация:** В статье проведен анализ использования различных машин и оборудования для выполнения культуртехнических работ в сельском и лесном хозяйстве, в мелиоративном и дорожном строительстве. Предложена новая конструкция сменного рабочего оборудования для удаления одиночных пней, оценена экономическая эффективность применения данного оборудования в технологическом комплексе машин, с учетом стоимости производства работ и сроков их проведения.

**Ключевые слова:** технология корчевания; одиночный пень; раскалыватель пней, цилиндрический ножевой рабочий орган.

Расчистка площадей от деревьев и кустарников – технологическая операция, встречающаяся в различных сферах производственной деятельности человека. В сельском и лесном хозяйстве, в мелиоративном и дорожном строительстве в процессе производства культуртехнических работ требуется выполнение операций по удалению древесно-кустарниковой растительности, очистке площадей от выкорчеванной древесины. Наиболее энергоёмким при этом [1] является этап удаления (корчевания) крупных одиночных пней.

Механизация работ по удалению пней с использованием специальной техники является одним из факторов снижения энергозатрат. Машины с рабочим оборудованием как пассивного, так и активного действия нашли широкое применение [2-4] в рамках выполнения данных видов работ.

Сплошная обработка обычно производится с использованием машин с рабочим оборудованием пассивного действия, при выполнении масштабных работ. Данный способ достаточно распространен, несмотря на необходимость применения мощной энергонасыщенной техники большие трудозатраты [5] и высокую себестоимость производства работ. Рабочие органы активного действия, с ротационным оборудованием различного типа,

---

в последнее время становятся все более и более распространенными. Причем областью их применения является как сплошная обработка с использованием машин непрерывного действия [6, 7] так и точечное удаление одиночных пней большого диаметра [8] оборудованием циклического действия. В основном это техника импортного производства.

В качестве примера можно привести рабочее оборудование FERRI ROTOR (рис. 1). Здесь следует отметить два варианта исполнения рабочего органа. Первый представляет собой венец с крыльями и центрирующим элементом, выполняющий полное измельчение пня в щепу. Второй – цилиндрическая фреза [9], выполняющая обрезку корневой системы пня и его последующее извлечение на поверхность.



Рис. 1 - Корчеватель пней [9] FERRI ROTOR SPEEDY 80-100

Кроме оборудования фирмы FERRI на рынке представлено достаточно большое количество аналогичной техники других производителей (рис. 2). Оборудование с горизонтальным и вертикальным ротационным рабочим органом производит мульчирование измельчая пень. При этом нужно

---

отметить что конструктивные особенности оборудования позволяют производить его внедрение на небольшую глубину, оставляя практически всю корневую систему в нетронутом состоянии, что является существенным недостатком при производстве работ. Рост побегов может через некоторое время нивелировать весь результат от выполнения культуртехнических работ.



Рис. 2 - Фрезерная машина [9].

Нами предложена конструкция, схожая с описанной фрезой фирмы FERRI, но предполагающая иной принцип выполнения работ. Конструкция состоит из винта, раскалывателя и цилиндрического ножа (рис. 3). Винт рабочего оборудования выполняет функции центратора с приводом от редуктора через шлицевое соединение.

При вращении самонарезающий винт внедряется в пень, при этом осуществляется вертикальное воздействие на раскалыватель и цилиндрический нож. Первый - вдавливается в пень, раскалывая его в процессе движения на четыре части. Второй – уходит вниз синхронно с раскалывателем, внедряется в грунт и обрезает корневую систему пня. Движение ножа происходит исключительно в вертикальной плоскости, от вращения его предохраняет жесткая связь с раскалывателем.

---

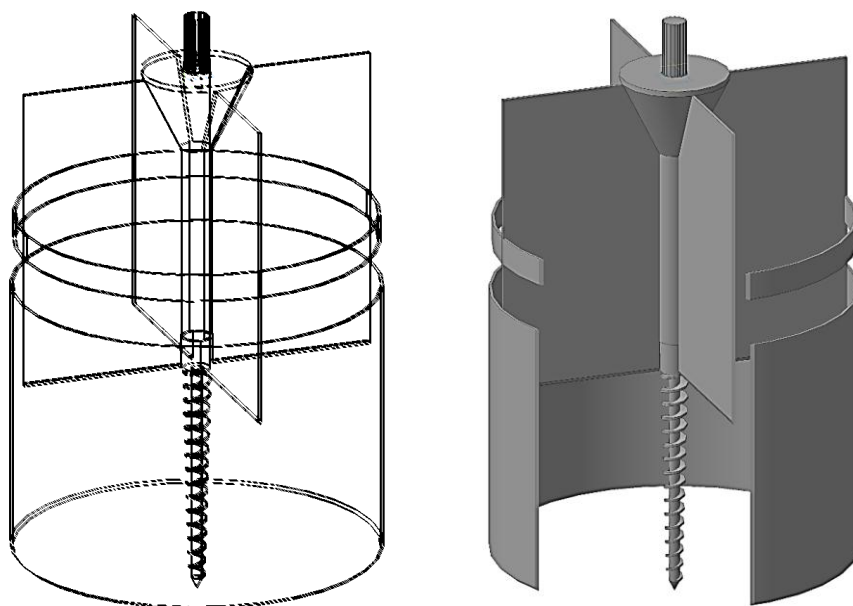


Рис. 3 - Цилиндрический раскалыватель [10] пней.

После отработки полного цикла оборудование извлекается, удерживаемый винтом пень извлекается на поверхность. При необходимости возможно извлекать оборудование, совмещая с наклоном, для разрыва центрального стержневого корня.

Дальнейшее извлечение пня из цилиндра ножа осуществляется обратным вращением винта.

Сопротивление оборудования производству работ состоит из сопротивления вдавливанию цилиндрического ножа и сопротивления резанию боковых корней пня:

$$P_{\text{сопр}} = P_B + P_P,$$

Сопротивление внедрению можно найти аналогично сопротивлению труб продавливанию [11] при бестраншейной прокладке трубопроводов:

$$P_B = q_c l + [2 + (1 + \xi_0)P_1 + M_T] Lf,$$

где  $q_c$  - удельное сопротивление цилиндрического ножа:

$l$  - периметр ножа, м;

$\xi_0$  - коэффициент бокового давления грунта;

$M_T$  – масса 1 м. цилиндрического ножа, кг;

$L$  - глубина вдавливания ножа, м;

$f$  - коэффициент трения ножа о грунт;

$P_1$  - вертикальное давление на 1 м длины ножа:

$$P_1 = \frac{\rho D_K^2}{3t_{KP}},$$

где  $\rho$  - плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;

$D_K$  - диаметр цилиндрического ножа, м;

$t_{KP}$  - коэффициент крепости грунта.

Приближенное значение усилия вдавливания ножа в грунт:

$$P_B = I\pi D_K L,$$

где  $I$  - сила трения грунта по поверхности ножа;

$D_K$  - диаметр цилиндрического ножа, м;

$L$  - глубина внедрения ножа, м.

Сила перерезания корней:

$$P_P = P_L + P_{ДРПС},$$

где  $P_L$  - сила резания волокон древесины лезвием ножа, Н;

$P_{ДРПС}$  - сила, действующая на перерезанные волокна корня, Н.

$$P_L = \frac{1}{2}[\sigma_B]\pi\delta B\sqrt{1+f_L^2}$$

где  $[\sigma_B]$  - предел прочности корня при сжатии поперёк волокон, МПа;

$\delta$  - радиус затупления лезвия, мм;

$B$  - ширина реза, мм;

$f_L$  - коэффициент трения.

Силу, действующую на перерезанные и смятые волокна корня можно разделить:

$$P_{ДРПС} = P_{ДРП} + P_{ДРС}$$

где  $P_{ДРП} = R_{ДРП} \cdot \sin(\beta + \varphi + \varepsilon)$

$$P_{ДРС} = R_{ДРС} \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)$$

$P_{ДРП}$  и  $P_{ДРС}$  – равнодействующие нормальных сил, возникающих в результате давления перерезанных и смятых волокон, а также сил трения.

При сравнении экономической эффективности производства работ с использованием предложенного оборудования, необходимо учитывать изменение технологии производства работ. Предложенное оборудование способно произвести погрузку выкорчеванного пня в транспортное средство. Кроме того, более аккуратное извлечение пня, требует меньших затрат по дальнейшей рекультивации поверхности (табл. 1).

Таблица № 1

Технология производства операций по корчеванию одиночных пней

№	Наименование операции		Марка машины	Объем работ	Нормы (обосн-е)	Требуется всего		Стоимость, руб.	
						маш/см.	чел/дн.	маш/см.	всего
1	Извлечение пня	базовая технология	Корчеватель К-2А	600пн.	40 пн/час	1,86	1,86	9840	18302
		предложенная технологии	Раскалыватель	600пн.	40 пн/час	1,86	1,86	6048	11249
2	Погрузка пня	базовая технология	Погрузчик ЛТ-65Б	600пн.	300 пн/час	0,25	0,25	7608	1902
		предложенная технологии	Раскалыватель	—	—	—	—	—	—
3	Транспортировка	базовая технология	Самосвал КрАЗ-65033	600пн.	50 пн/час	1,5	1,5	5400	8100
		предложенная технологии	Самосвал КрАЗ-65033	600пн.	50 пн/час	1,5	1,5	5400	8100
4	Рекультивация воронок	базовая технология	Самосвал КрАЗ-65033,	300м <sup>3</sup>	8 м <sup>3</sup> /ч	4,69	4,69	5400	25326
			Бульдозер ТС-10	300м <sup>3</sup>	50м <sup>3</sup> /ч	0,75	0,75	6000	4500
		предложенная технологии	Самосвал КрАЗ-65033,	200м <sup>3</sup>	8 м <sup>3</sup> /ч	3,12	3,12	5400	16875
			Бульдозер ТС-10	200м <sup>3</sup>	50м <sup>3</sup> /ч	0,5	0,5	6000	3000
5	Утилизация пней	базовая технология	Огнемет на тракторе	600пн.	500м <sup>3</sup> /см	0,8	0,8	1656	1325
		предложенная технологии	Огнемет на тракторе	600пн.	500м <sup>3</sup> /см	0,8	0,8	1656	1325
6	Разравнивание грунта после утилизации	базовая технология	Бульдозер ТС-10	2400м <sup>2</sup>	2000 м <sup>2</sup> /ч	0,15	0,15	6000	900
		предложенная технологии	Бульдозер ТС-10	2400м <sup>2</sup>	2000 м <sup>2</sup> /ч	0,15	0,15	6000	900

По существующей технологии = 60355 руб.

По предложенной технологии = 41449 руб

Определимся с базовой машиной для предложенного оборудования и технологическим комплексом для сравнения. В качестве базы для сравнения нами принят комплекс машин, состоящий из корчевателя К-2А и погрузчика ЛТ-65Б. Первый производит извлечение пня, его транспортирование на небольшое расстояние, второй - погрузку выкорчеванной древесины в транспортные средства. В качестве базовой машины для предлагаемого оборудования взят экскаватор ЭО-3322Б. Технология работ представлена шестью операциями, каждая из которых потребует разного времени на их выполнение и разных комплектов техники, что приведет к различным по себестоимости вариантам производства работ и укажет на экономическую эффективность применения указанных вариантов (рис. 4).

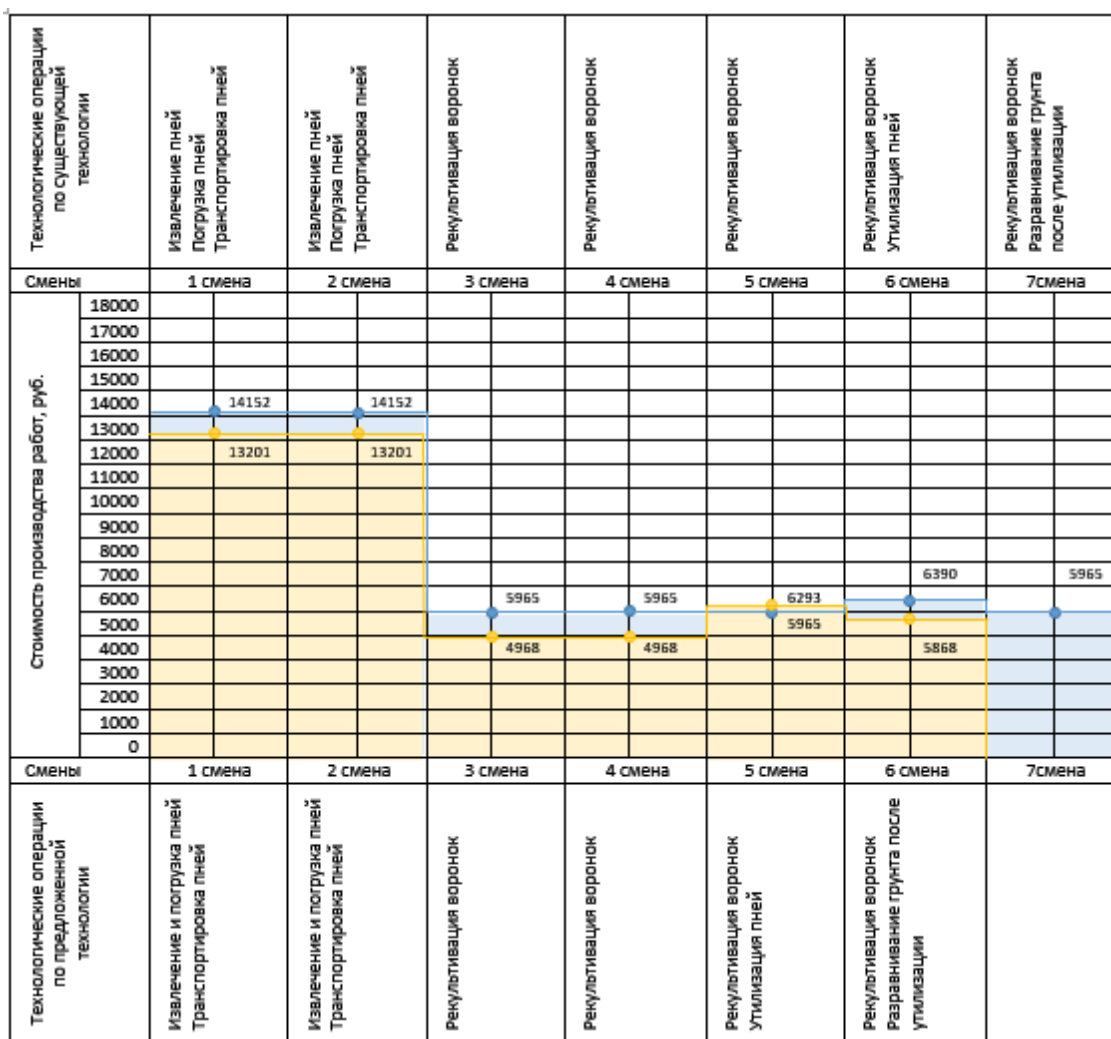


Рис. 4. - Диаграмма посменной стоимости производства работ.

Необходимо отметить, что анализ, проведенный по ограниченному объему производства работ, показывает не только снижение стоимости производства работ предложенным оборудованием в составе технологического комплекса машин как в целом, так и по отдельным операциям, но и говорит о возможности сокращения сроков проведения работ, что в отдельных случаях может являться большим стимулом внедрения машины в производство, чем экономическая составляющая.

### Литература

1. Египко, С. В. Технология корчевания одиночных пней комбинированным рабочим органом: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новочеркасск, 2007. – 212 с.

2. Grigorev Igor, Kunickaya Ol'ga, Prosuzhih Alexey, Kruchinin Igor, Shakirzyanov Dmitry, Shvetsova Viktoria, Markov Oleg, Egipko Sergey. Efficiency improvement of forest machinery exploitation // Diagnostyka. – 2020. – Vol. 21. – No 2. – pp. 95-109. DOI: [diagnostyka.net.pl/Efficiency-improvement-of-forest-machinery-exploitation,122797,0,2.html](https://diagnostyka.net.pl/Efficiency-improvement-of-forest-machinery-exploitation,122797,0,2.html).

3. Шегельман, И. Р., Ивашнев, М. В., Будник, П. В. Повышение эффективности удаления древесно-кустарниковой растительности при непрерывном движении лесной машины // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2524/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2524/).

4. Bukhtoyarov Leonid, Kunitskaya Ol'ga, Urazova Alina, Perfiliev Pavel, Druzyanova Varvara, Egipko Sergey, Burgonutdinov Albert, Tikhonov Evgeniy. Substantiating optimum parameters and efficiency of rotary brush cutters // Journal of Applied Engineering Science. – 2022. – Vol. 20. – No 3. – pp. 788-797. – DOI: [researchgate.net/publication/362195106\\_SUBSTANTIATING\\_OPTIMUM\\_PARAMETERS\\_AND\\_EFFICIENCY\\_OF\\_ROTARY\\_BRUSH\\_CUTTERS](https://researchgate.net/publication/362195106_SUBSTANTIATING_OPTIMUM_PARAMETERS_AND_EFFICIENCY_OF_ROTARY_BRUSH_CUTTERS).

---



5. Египко, С. В., Долматов, Н. П. Экономическая эффективность применения технологии корчевания одиночных пней комбинированным способом // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. – 2020. – № 2. – С. 40-46. – DOI: [vestnik.npi-tu.ru/index.php/vestnikSRSTU/article/view/515](https://vestnik.npi-tu.ru/index.php/vestnikSRSTU/article/view/515).

6. Ковалек, Н. С., Ивашнев, М. В. Состояние и тенденции развития оборудования для непрерывного срезания древесно-кустарниковой растительности // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3687/](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3687/).

7. Ковалек, Н. С., Ивашнев, М. В. Современные направления исследований в области непрерывного срезания деревьев и кустов // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3718](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3718/).

8. Максимов, В. П., Египко, С. В., Долматов, Н. П. Фреза для удаления пней при проведении работ в лесном деле, ландшафтном, дорожном и мелиоративном строительстве // Мелиорация и водное хозяйство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), посвящённой 95-летию со дня рождения профессора В.С. Лапшенкова, Новочеркасск, 25–30 сентября 2020 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2020. – С. 208-215.

9. Каталог продукции Ferri Rotor Speedy. Измельчители пней, двухрядные, посадочные машины и др. URL: [ferrirotor.nt-rt.ru](https://ferrirotor.nt-rt.ru).

10. Угаров, И. А., Сычева, Ю. А., Египко С. В., Долматов, Н. П. Устройство для раскалывания и последующего удаления одиночных пней // Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата: Материалы III Международной научно-практической интернет-конференции, Новочеркасск, 26–28 апреля 2022 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2022. – С. 255-259.

---

11. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник / 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 752 с.

### References

1. Egipko, S. V. Tekhnologiya korchevaniya odinochny`x pnej kombinirovanny`m rabochim organom [Technology of uprooting single stumps with combined working equipment]. Novocherkassk: NGMA 2007. 212 p.

2. Grigorev Igor, Kunickaya Ol'ga, Prosuzhih Alexey, Kruchinin Igor, Shakirzyanov Dmitry, Shvetsova Viktoria, Markov Oleg, Egipko Sergey. Diagnostyka. 2020. Vol. 21. No 2. pp. 95-109.

3. Shegel`man, I. R., Ivashnev M. V., Budnik P. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2524](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2524).

4. Bukhtoyarov Leonid, Kunitskaya Ol'ga, Urazova Alina, Perfiliev Pavel, Druzyanova Varvara, Egipko Sergey, Burgonutdinov Albert, Tikhonov Evgeniy. Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20. No 3. pp. 788-797.

5. Egipko, S. V., Dolmatov, N. P. Vestnik Yuzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. 2020. № 2. pp. 40-46.

6. Kovalek, N. S., Ivashnev, M. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3687](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3687).

7. Kovalek, N. S., Ivashnev, M. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2016. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3718](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3718).

8. Maksimov, V. P., Egipko, S. V., Dolmatov, N. P. Melioraciya i vodnoe xozyajstvo. Novocherkassk: ООО "Лик", 2020. pp. 208-215.

9. Katalog produkcii Ferri Rotor Speedy. Izmel'chiteli pnej, dvuhryadnye, posadochnye mashiny i dr. [Ferri Rotor Speedy product catalog. Stump grinders, two-row, planting machines, etc]. URL: [ferrirotor.nt-rt.ru](http://ferrirotor.nt-rt.ru).

10. Ugarov, I. A., Sy`cheva, Yu. A., Egipko S. V., Dolmatov, N. P. Melioraciya kak drajver modernizacii APK v usloviyax izmeneniya klimata. Novocherkassk: ООО "Лик", 2022. pp. 255-259.



11. Beleczkij, B. F. *Texnologiya i mexanizaciya stroitel'nogo proizvodstva* [Technology and mechanization of construction production]. Sankt-Peterburg. Lan`, 2022. 752 p.