

## Математическая модель оценки качества работ по расчистке территорий от нежелательной растительности

А.А. Платонов<sup>1</sup>, О.В. Терновская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный лесотехнический университет

<sup>2</sup>Воронежский государственный технический университет

**Аннотация:** При расчистке территорий для строительства и/или последующего поддержания в нормативном состоянии различных инфраструктурных объектов нередко выполняются работы по удалению произрастающей нежелательной растительности, при этом актуальной является проблема оценки качества выполнения данных работ. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования оценки качества и эффективности выполняемых работ по расчистке территорий ряда инфраструктурных объектов, приводятся граничные значения критериев для оценки качества выполняемых мероприятий по удалению растительности, сформулирован вывод о преимуществах разработанной математической модели.

**Ключевые слова:** территория, нежелательная растительность, удаление, эффективность, качество, критерии, оценка.

В настоящее время при расчистке территорий для строительства и/или последующего поддержания в нормативном состоянии различных объектов (в том числе – линейных объектов инфраструктуры [1, 2]) нередко выполняются работы по удалению с указанных территорий нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР). По результатам выполненных нами в 2021 и 2022 гг. исследований, было установлено, что при осуществлении вышеуказанных работ продолжают оставаться актуальными как проблема привлечения к удалению растительности квалифицированных кадров, оснащённых при этом соответствующим современным высоко- и малопроизводительным оборудованием (в том числе – машинами и механизмами отечественного и зарубежного производства) [3-5], так и проблема последующей оценки качества и эффективности [6] выполненных мероприятий по очистке вышеуказанных территорий от НДКР, при этом нередко указанные проблемы взаимосвязаны друг с другом [7].

Привлечение неквалифицированной рабочей силы, осуществляющей к тому же удаление нежелательной растительности с большой долей ручного

труда, нередко приводит к необходимости через непродолжительное время повторного удаления НДСР с той же территории ввиду неэффективности оказанного на нежелательную растительность воздействия [8]. Однако, и специализированные организации, привлекаемые, например, через процедуру конкурсных заявок и на правах аутсорсинга [9], могут оказать некачественное выполнение услуг по удалению НДСР.

Традиционно качество удаления нежелательной растительности с территорий инфраструктурных объектов оценивается визуально путём осуществления контрольного прохода/проезда по/вдоль расчищенной от НДСР территории [10], что, в отсутствие какого-либо оценочного математического аппарата, может привести к большим погрешностям в оценке конечных результатов работ (особенно – при возникновении различного рода спорных ситуаций в части влияния на вышеуказанную оценку субъективной составляющей).

С учётом вышеизложенного, ввиду отсутствия в настоящее время единообразных способов и/или методов оценки качества работ по удалению НДСР с территорий инфраструктурных объектов, а также большой доли субъективности в применяемых способах/методах оценки, нами была сформулирована следующая цель настоящего исследования: разработка математической модели оценки качества выполнения работ по удалению нежелательной растительности с территорий ряда инфраструктурных объектов.

Разработанная нами указанная математическая модель, базирующаяся на результатах таксационного обследования, предварительно выполняемого по расчищенной (или – планируемой к расчистке) территории инфраструктурного объекта, представляет собой нижеследующую систему математических выражений:

---

$$\left\{ \begin{array}{l} S^{\kappa \text{ ндкр}} = N_{\text{уп}} \cdot S_{\text{уп}} ; \quad S_{\text{эу ндкр}}^{\kappa} = \frac{S_{\text{осн}}^{\kappa \text{ ндкр}}}{N_{\text{уч нач}}^{\kappa}} ; \quad \Delta S^{\kappa \text{ ндкр}} = S^{\kappa \text{ ндкр}} - S_{\text{осн}}^{\kappa \text{ ндкр}} ; \\ N_{\text{уп}}^{\kappa} = \frac{S_{\text{эу ндкр}}^{\kappa}}{S_{\text{уп}}} ; \quad N_{\text{уч доп}}^{\kappa} = \left[ \frac{\Delta S^{\kappa \text{ ндкр}}}{S_{\text{эу ндкр}}^{\kappa}} \right] ; \quad N_{\text{уч}}^{\kappa} = N_{\text{уч нач}}^{\kappa} + N_{\text{уч доп}}^{\kappa} ; \\ I_{\text{пл ндкр}}^{\kappa} = \frac{\sum_j^p S_{\text{уп ндкр } j}^{\kappa}}{N_{\text{уп}}^{\kappa}} \cdot 100\% ; \quad I_{\text{уч ндкр}}^{\kappa w\%} = \frac{N_{\text{уч ндкр}}^{\kappa w\%}}{N_{\text{уч ндкр}}^{\kappa}} \cdot 100\% ; \\ I_{\text{уч ндкр}}^{\kappa} = \frac{N_{\text{уч ндкр}}^{\kappa}}{N_{\text{уч}}^{\kappa}} \cdot 100\% ; \\ E_S^{\text{ндкр}} = \frac{S_{\text{ЛИОф}}^{\text{ндкр}}}{S_{\text{ЛИО}}^{\text{ндкр}}} \cdot 100\% ; \quad K_{\text{ндкр}} = \frac{\sum_{i=1}^m N_i^{\text{ндкр}} \cdot 10000}{\sum_{i=1}^m S_{\text{уп } i}} ; \\ \left[ I_{\text{уч ндкр}}^{\kappa w\%} \right] = 10, 15, 20, 30\% ; \quad \left[ I_{\text{уч ндкр}}^{\kappa} \right] = 5, 10, 15\% ; \quad S^{\kappa \text{ ндкр}} \geq 0,1 \cdot S_{\text{ЛИО}}^{\text{ндкр}} \end{array} \right.$$

где  $S_{\text{ЛИОу}}$  – площадь обследуемого участка ЛИО, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{ЛИО}}^{\text{ндкр}}$  – общая площадь удаления растительности на участке ЛИО, заявленная организацией-исполнителем работ в соответствии с Актом приёмки работ, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{ЛИОф}}^{\text{ндкр}}$  – фактическая площадь, на которой произведено удаление НДКР, м<sup>2</sup>;  $S^{\kappa \text{ ндкр}}$  – контрольная площадь обследуемого участка ЛИО, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{осн}}^{\kappa \text{ ндкр}}$  – основная часть контрольной площади обследуемого участка ЛИО, м<sup>2</sup>;  $\Delta S^{\kappa \text{ ндкр}}$  – остаток контрольной площади обследуемого участка ЛИО, м<sup>2</sup>;  $N_{\text{уч нач}}^{\kappa}$  – начальное количество элементарных участков ( $N_{\text{уч нач}}^{\kappa} = 100, 200, 300, \dots$ );  $N_{\text{уч доп}}^{\kappa}$  – дополнительное количество элементарных участков;

$N_{уч}^K$  – общее количество элементарных участков;  $S_{эу\ ндкр}^K$  – площадь 1 (одного) элементарного участка (части обследуемого участка ЛИО), м<sup>2</sup>;  $S_{уп}$  – площадь одной учётной площадки, м<sup>2</sup>;  $N_{уп}$  – общее количество учётных площадок;  $N_{уп}^K$  – количество учётных площадок, применяемых для контрольного обследования каждого элементарного участка;  $N_{уч\ ндкр}^K$  – общее количество выявленных участков (или элементов участка) с непроектным произрастанием НДКР;  $N_{уч\ ндкр}^{K\ w\%}$  – количество выявленных участков (или элементов участка) с непроектным покрытием не более  $w\%$  площади каждого участка (или элемента участка) нежелательной древесно-кустарниковой растительностью, где уровень наличия растительности  $w = 10, 15, 20$  или  $30$ ;  $S_{уп\ ндкр\ j}^K$  – процентное покрытие площади  $j$ -й учётной площадки участка (или элемента участка) с зафиксированным на ней произрастанием НДКР;  $N_i^{ндкр}$  – количество экземпляров нежелательной растительности на  $i$ -й учётной площадке, шт.;  $S_{уп\ i}$  – площадь  $i$ -й учётной площадки, м<sup>2</sup>;  $m$  – общее количество учётных площадок;  $p$  – общее количество учётных площадок с зафиксированным на них произрастанием НДКР;  $I_{пл\ ндкр}^K$  – индекс контроля покрытия площади участков (элементов участка) нежелательной растительностью;  $I_{уч\ ндкр}^{K\ w\%}$  – индекс контроля количества участков (элементов участка) с непроектным покрытием не более  $w\%$  площади каждого участка (или элемента участка) нежелательной древесно-кустарниковой растительностью, где уровень наличия растительности  $w = 10, 15, 20$  или  $30$ ;  $I_{уч\ ндкр}^K$  – индекс контроля количества

участков (элементов участка) с непроектным произрастанием НДСР;  $E_S^{ндкр}$  – охват площади воздействия на НДСР;  $K_{ндкр}$  – количество экземпляров нежелательной растительности (густота), шт./1 га.

При разработке указанной математической модели нами принималась во внимание необходимость количественной оценки результатов выполненных работ по удалению нежелательной растительности, при этом нами была предложена 4-х бальная система оценок, представленная в табл. 1:

Таблица № 1

Граничные значения критериев для оценки качества выполняемых мероприятий по удалению НДСР

Оценка	Критерии оценки	
	$I_{уч\ ндкр}^k, \%$	$I_{уч\ ндкр}^{k\ w\%}, \%; w, \%;$
«неудовлетворительно»	$> 15$	$\geq 30$
«удовлетворительно»	$\leq 15$	$\geq 25: \begin{cases} w_{min} \leq 20 \\ w_{max} \leq 30 \end{cases}$
«хорошо»	$\leq 10$	$\geq 50: \begin{cases} w_{min} \leq 15 \\ w_{max} \leq 20 \end{cases}$
«отлично»	$\leq 5$	$\geq 75: \begin{cases} w_{min} \leq 10 \\ w_{max} \leq 15 \end{cases}$

Предложенная в данном исследовании математическая модель оценки качества выполнения работ по удалению нежелательной растительности с территорий ряда инфраструктурных объектов имеет определённые преимущества над существующими моделями. Наряду со значительным уменьшением доли субъективной составляющей в итоговом результате оценки соотношения «наличие – отсутствие» произрастающей нежелательной растительности, разработанная модель позволяет учесть как характеристики указанной растительности (не только количество её экземпляров, но и площадь непроектного покрытия обследуемых территорий

проекциями крон растительности), так и параметры (в частности - площади) расчищаемых территорий.

### Литература

1. Ивашнев М.В. Классификация почвенно-грунтовых условий как важнейшего фактора выбора типов и конструкций машин для расчистки лесных площадей при строительстве объектов // Инженерный вестник Дона. 2014. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2229](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2229)
2. Шегельман И.Р., Ивашнев М.В. Интенсификации процессов расчистки лесных площадей от деревьев и кустов // Инженерный вестник Дона. 2012. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/851](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/851).
3. Платонов А.А. Исследование и систематизация существующих технологических процессов удаления нежелательной растительности // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 3 (47). С. 63-73.
4. Miller R.H. Integrated Vegetation Management. – Atlanta: International Society of Arboriculture, 2021. – 108 p.
5. Kukkonen M, Kukkonen E. Koneellinen metsänhoito. – Kuopio: Kareliammattikorkeakoulun julkaisuja, 2013. – 69 p.
6. Ивашнев М.В. Некоторые пути повышения эффективности расчистки линейных объектов от нежелательной древесно-кустарниковой растительности // Научные исследования: от теории к практике. 2015. № 3 (4). С. 193-195.
7. Coleman G.R.Y., Stead A., Rigter M.P., Xu Z., Brooker G.M., Sukkarieh S., Walsh M.J. Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control // Weed Technology. Vol. 33. Issue 4. 1 August 2019. pp. 633-650. DOI: 10.1017/wet.2019.32
8. Носенко А.В. Повышение эффективности технологии удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль мелиоративных каналов и других линейных сооружений // Научное обозрение. 2010. № 1. С. 42-44.

9. Антипов Б.В., Маркелов С.Ю. Мульчерные технологии в полосе отвода железных дорог: монография. – М: Арсенал, 2013. – 115 с.

10. Rieppo K, Kariniemi A, Haarlaa R. Possibilities to develop machinery for logging operations on sensitive forest sites. Publications 29. – Helsinki: University of Helsinki Department of Forest Resource Management, 2002. – 30 p.

### References

1. Ivashnev M.V. Inzhenernyy vestnik Dona. 2014. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2229.

2. Shegelman I.R., Ivashnev M.V. Inzhenernyy vestnik Dona. 2012. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/851.

3. Platonov A.A. Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2020. № 3 (47). pp. 63-73.

4. Miller R.H. Integrated Vegetation Management. Atlanta: International Society of Arboriculture, 2021. 108 p.

5. Kukkonen M, Kukkonen E. Koneellinen metsänhoito. Kuopio: Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu, 2013. 69 p.

6. Ivashnev M.V. Nauchnyye issledovaniya: ot teorii k praktike. 2015. № 3 (4). pp. 193-195.

7. Coleman G.R.Y., Stead A., Rigter M.P., Xu Z., Brooker G.M., Sukkarieh S., Walsh M.J. Weed Technology. Vol. 33. Issue 4. 1 August 2019. pp. 633-650. DOI: 10.1017/wet.2019.32

8. Nosenko A.V. Nauchnoye obozreniye. 2010. № 1. pp. 42-44.

9. Antipov B.V., Markelov S.Yu. Mul'chernyye tekhnologii v polose otvoda zheleznykh dorog: monografiya [Mulcher technologies in the right of way of railways: monograph]. Moskva: Arsenal, 2013. 115 p.

10. Rieppo K, Kariniemi A, Haarlaa R. Possibilities to develop machinery for logging operations on sensitive forest sites. Publications 29. Helsinki: University of Helsinki Department of Forest Resource Management, 2002. 30 p.