

УДК 519.86

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ  
ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО КОРЧЕВАТЕЛЯ

Кузнецов Д.С., Поздняков Е.В., Евсикова Н.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

E-mail: [natalyaevsikova@mail.ru](mailto:natalyaevsikova@mail.ru)

**Аннотация:** В работе показан пример использования метода анализа иерархий для сравнения эффективности корчевателей различных модификаций по нескольким критериям. В качестве критериев были выбраны адаптированность к территории эксплуатации, экономия топлива и время элементарной операции. В результате был обоснован выбор оптимального устройства. Применение метода анализа иерархий для решения многокритериальных задач удобно благодаря возможности использования программных средств.

**Ключевые слова:** системный подход, метод сравнения альтернатив, критерии сравнения, критерии эффективности, многокритериальный подход, корчеватель.

APPLICATION OF THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD FOR  
SUBSTANTIATION OF THE MOST EFFECTIVE STUMP REMOVER CHOICE

Kuznetsov D.S., Pozdnyakov E.V., Evsikova N.Yu.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State  
University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov»

E-mail: [natalyaevsikova@mail.ru](mailto:natalyaevsikova@mail.ru)

**Summary:** The paper shows an example of using the hierarchy analysis method to compare the effectiveness of uproots of various modifications according to several criteria. Adaptation to the territory of operation, fuel economy and time of an elementary operation were chosen as criteria. As a result, the choice of the optimal device was justified. The using of hierarchy analysis method for multi-criteria problems solving is convenient due to the possibility of using software.

**Keywords:** a systematic approach, a method for comparing alternatives, comparison criteria, performance criteria, a multi-criteria approach, stump remover.

### **Введение**

В настоящее время для принятия решений в различных областях широко применяются методы системного анализа [1, 2]. Если речь идет о необходимости выбора решения среди большого числа альтернатив на основании ряда критериев, то часто используется метод анализа иерархий, разработанный Томасом Саати в 1970 году [3-8]. Основными этапами этого метода являются: 1) формулировка проблемы и определение цели; 2) выделение альтернатив и основных критериев; 3) построение иерархической структуры, включающей три уровня: цель, критерии и альтернативы; 4) построение матриц попарных сравнений критериев по цели и альтернатив по критериям; 5) применение к полученным матрицам математической методики анализа; 6) определение весов альтернатив в соответствии с системой иерархии.

Одной из актуальных задач в Российской Федерации является лесовосстановление. Это сложный многооперационный технологический процесс, наиболее энергоемким и затратным этапом которого является удаление пней, оставшихся в результате проведения лесосечных работ или после крупных лесных пожаров и занимающих значительные площади. Поскольку среднее количество пней, приходящееся на 1 га, может превышать 600 штук [9], очевидно, что лесовосстановление на этих площадях без удаления пней невозможно.

Как известно, самый экологически безопасный и ресурсосберегающий способ удаления пней – это их измельчение. Однако, применяемые с этой целью машины способны удалять их только до уровня поверхности почвы. Измельчение пней ниже поверхности земли ограничено интенсивным абразивным износом режущих элементов рабочих органов, возникающим в результате взаимодействия с частицами почвы [10]. Таким образом, для устранения препятствия для работы лесохозяйственных машин на следующих этапах лесовосстановления необходимо применять корчеватели.

Практика показывает, что современные корчеватели имеют ряд недостатков. Их мощность используется нерационально и направлена на преодоление сопротивления древесины создающим напряжение растяжения вдоль волокон разрушающим нагрузкам. Дополнительное сопротивление при вытягивании пней возникает вследствие трения и сцепления корней с почвой. Это вызывает необходимость подъезжать к пням с разных сторон и использовать в агрегате с такими устройствами тяжелые гусеничные тракторы, что негативно сказывается на окружающей лесной среде, поскольку разрушается структура и удаляется до значительная часть плодородного слоя почвы, уничтожается молодой подрост [11]. Следовательно, задача по усовершенствованию технологического

оборудования для корчевания пней должна приводить к увеличению производительности и экологичности, сокращению расхода топлива, адаптированности к природным условиям Российской Федерации.

Цель данной работы – показать, как можно использовать метод анализа иерархий для сравнения эффективности нескольких существующих отечественных корчевателей и предлагаемой усовершенствованной модели корчевателя.

### **Описание альтернатив**

Альтернатива № 1 – машина для удаления пней и выкапывания посадочных ям ЯкП-0,6, которая применяется на базе трактора класса тяги 30 кН в условиях леса и лесопарков [12]. Недостатками этой машины являются невозможность работы с пнями порослевого характера и узкий диапазон диаметров пней. Эффективность работы ЯкП-0,6 зависит от физико-механических свойств грунта. Так как машины данного типа не перерезают нижние (вертикальные) корни, то существует необходимость использования дополнительных устройств для окончания процесса удаления пней.

Альтернатива № 2 – корчеватель-собирающий МП-2Б, выполняющий сплошную корчевку мелких и средних пней диаметром до 25 см толкающим усилием трактора без остановки движителя, а крупных – упорно-рычажным методом [12]. Производительность при корчевке мелких и средних пней – до 100 шт./ч, а крупных – 40 ... 50 шт./ч.

Альтернатива № 3 – корчеватель-собирающий МП-18, предназначенный для корчевки пней диаметром до 65 см и извлечения крупных валунов и камней массой до 3 т из грунта при освоении земель, не требующих осушения [12]. Недостатком данного корчевателя является существенная энергоемкость, кроме того, при его работе происходит сильная деформация лесной подстилки, в результате чего страдает экологичность.

Альтернатива № 4 – предлагаемая усовершенствованная конструкция корчевателя КМ на базе трактора Т-130. Устройство состоит из рамы с механизмом навески, опорной плиты, корчевальных зубьев, гидроцилиндра подъема плиты и гидроцилиндров поворота зубьев. При работе этой корчевальной машины тракторист опускает корчевальные зубья в «плавающее» положение и толкающим усилием трактора заглубляет их под пень. За счет отдельного привода каждого зуба производится постепенное обрывание корней пня, и продолжается продвижение корчевального оборудования под пень. Заостренные кромки клыков при этом позволяют не только обрывать, но и перерезать корни. Извлечение пня на поверхность расчищаемого участка осуществляется посредством гидроцилиндра. Разработанная конструкция корчевальной машины поз-

воляет более рационально использовать мощность гидропривода трактора, снизить энергетические, трудовые и временные затраты как при полосной, так и при сплошной раскорчевке вырубок и гарей, сократить количество переездов агрегата при удалении каждого пня, что снизит негативное воздействие на лесную почву и молодой подрост.

### Обоснование критериев

Известно, что в российских условиях приходится обрабатывать значительные площади пересеченной местности при достаточно коротком световом дне, плавающих сроках выполнения и постоянно растущих ценах на топливо. На большей части территории работа проходит при значительных суточных изменениях температуры окружающей среды, разных условиях влажности, различном рельефе местности и числе пней на вырубках. Кроме того, почвы носят разнообразный характер. Большую часть составляют суглинки, которые существенно влияют на возможность применения различных типов корчевателей, что влияет на сроки и затраты на выполнение работ. Поэтому в качестве критериев для сравнения альтернатив выбираем: адаптированность к природным условиям Российской Федерации, экономию топлива, время операции.

### Построение иерархической структуры проблемы

Дерево критериев и альтернатив, построенное на основании приведенных рассуждений, имеет вид, представленный на рисунке 1.

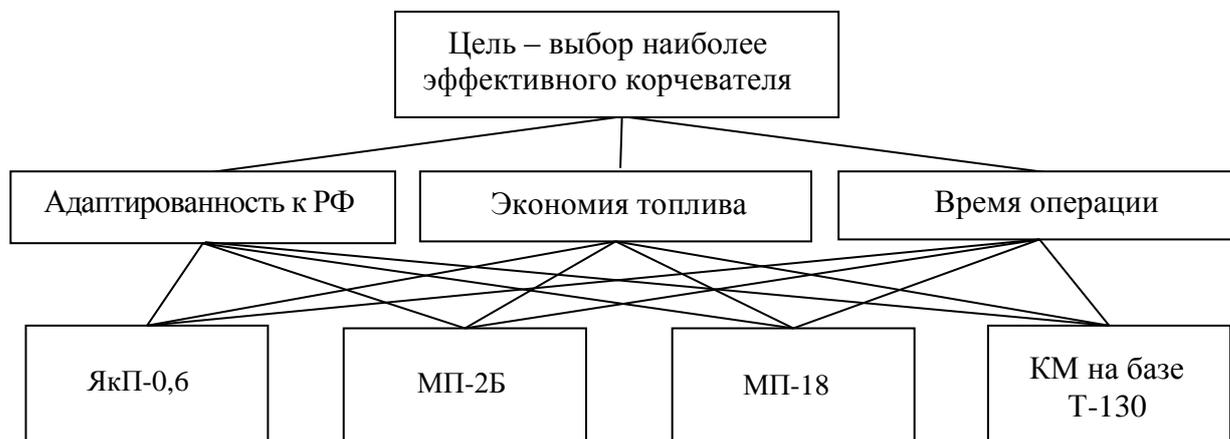


Рисунок 1 – Иерархическая структура проблемы

### Результаты сравнения альтернатив по алгоритму метода Саати и их обсуждение

Сравнительный анализ проводился по формулам метода многокритериального анализ альтернатив с помощью электронных таблиц Excel [1, 3, 8].

На рисунке 2 представлена матрица сравнения критериев по цели. Крите-

рии сравнивались попарно в соответствии со степенью значимости. Самым значимым критерием считалась адаптированность устройства к сложным условиям эксплуатации на территории Российской Федерации. Вторым по значимости был выбран критерий длительности элементарной операции. Третий по степени важности – критерий энергоёмкости.

Сравнение альтернатив проводилась способом попарного сравнения по каждому критерию с использованием данных по каждому устройству (рис. 3). Затем данные математически обрабатывались. Результат сравнения альтернатив показан на рисунке 4. В итоге было выявлено очевидное преимущество корчевальной машины на базе трактора Т-130.

Сравнение критериев	Экономия топлива	Время операции	Адаптированность к РФ
Экономия топлива	1,000	0,333	0,200
Время операции	3,000	1,000	0,333
Адаптированность к РФ	5,000	3,000	1,000

Рисунок 2 – Матрица попарных сравнений критериев по цели

Адаптированность к РФ					
Альтернативы	ЯКП-0,6	МП-2Б	МП-18	КМ на базе Т-130	
ЯКП-0,6	1,000	0,333	0,333	0,200	0,333
МП-2Б	3,000	1,000	1,000	0,333	0,333
МП-18	3,000	1,000	1,000	0,333	0,333
КМ на базе Т-130	5,000	3,000	3,000	1,000	1,000
Экономия топлива					
Альтернативы	ЯКП-0,6	МП-2Б	МП-18	КМ на базе Т-130	
ЯКП-0,6	1,000	5,000	5,000	3,000	3,000
МП-2Б	0,200	1,000	1,000	0,333	0,333
МП-18	0,200	1,000	1,000	0,333	0,333
КМ на базе Т-130	0,333	3,000	3,000	1,000	1,000
Потребность	20	12	5		
Время операции					
Альтернативы	ЯКП-0,6	МП-2Б	МП-18	КМ на базе Т-130	
ЯКП-0,6	1,000	3,000	3,000	0,333	0,333
МП-2Б	0,333	1,000	1,000	0,200	0,200
МП-18	0,333	1,000	1,000	0,200	0,200
КМ на базе Т-130	3,000	5,000	5,000	1,000	1,000

Рисунок 3 – Матрицы попарных сравнений альтернатив по критериям

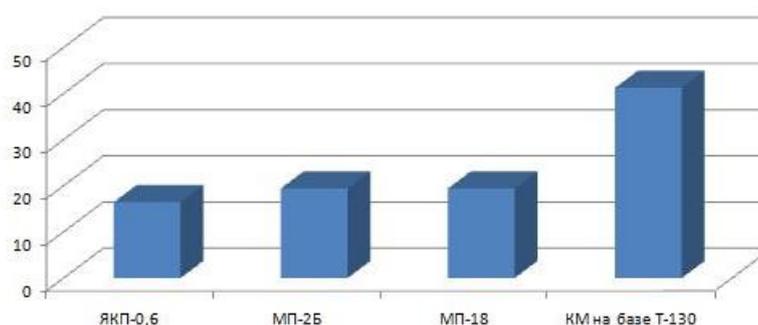


Рисунок 4 – Результаты сравнения альтернатив

### **Заключение**

В данной работе проведён сравнительный анализ нескольких альтернатив по критериям, актуальным при эксплуатации на территории Российской Федерации. В результате проведённого анализа можно сделать вывод, что значительное преимущество в наших природных условиях имеет корчевальная машина на базе трактора Т-130. Применение метода анализа иерархий для решения многокритериальных задач удобно благодаря возможности использования программных средств.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : Учебник. 3-е изд., перераб. и доп. / О. И. Ларичев. – Москва: Университетская книга, Логос, 2008. – 392 с.

2 Системный подход к проблеме обоснования модернизации лесозаготовительных машин / П. И. Попиков, Н. Ю. Евсикова, Н. С. Камалова, В. С. Полянин // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – № 2, ч. 2 (13-2). – С. 296-300.

3 Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.

4 Денисова, О. К. Применение метода анализа иерархий для ранжирования бизнес-процессов (на примере вуза) / О. К. Денисова // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2013. – № 1-1 (163). – С. 166-173.

5 Илларионов, М. Г. Применение метода анализа иерархий в принятии управленческих решений / М. Г. Илларионов // Актуальные проблемы экономики и права. – 2009. – № 1 (9). – С. 37-42.

6 Применение метода анализа иерархий при региональной оценке оползневой опасности (на примере района Северо-западный Лаокай, Вьетнам) / Ч. К. Нгуен, И. К. Фоменко, В. В. Пендин, К. Т. Нгуен // Геоинформатика. – 2017. – № 2. – С. 53-66.

7 Цибизова, Т. Ю. Применение метода анализа иерархий в оценке качества процессов управления / Т. Ю. Цибизова, А. А. Карпунин // Современные

проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20847>.

8 Оценка эффективности механизмов корчевательных машин методом сравнения альтернатив Саати / И. М. Бартнев, Е. В. Поздняков, А. К. Поздняков, М. В. Шавков // Воронежский научно-технический вестник. – 2018. – Т. 1. – № 1 (23). – С. 91-95.

9 Сухов, И. В. Технологии лесокультурных работ на вырубках (рекомендации) / И. В. Сухов, В. А. Кострикин, В. И. Казаков. – Москва : ВНИИЛМ, 2004. – 152 с.

10 Поздняков, Е. В. Обоснование параметров и режима работы площадкоделателя вокруг пней : специальность 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» : автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е. В. Поздняков ; Воронежская государственная лесотехническая академия. – Воронеж, 2015. – 178 с.

11 Бартнев, И. М. Энергосберегающие и природосберегающие технологии в лесном комплексе : учеб. пособие / И. М. Бартнев. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – 107 с.

12 Конструкции и параметры машин для расчистки лесных площадей : монография / И. М. Бартнев, М. В. Драпалюк, П. И. Попиков, Л. Д. Бухтояров. – Москва : Флинта, Наука, 2007. – 208 с.