

УДК 631.542

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ
ЦЕПНОГО КУСТОРЕЗА С РУБЯЩИМИ
ЭЛЕМЕНТАМИ НА ОСНОВЕ
ЛАБОРАТОРНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ**

Полев Виктор Сергеевич
аспирант
*ГОУВПО "Воронежская государственная лесо-
техническая академия", Воронеж, Россия*

Проведена оптимизация конструктивных параметров цепного кустореза с рубящими элементами. Определены оптимальные частота вращения цепного барабана, скорость движения кустореза, просвет между цепным барабаном и почвой

Ключевые слова: КУСТОРЕЗ, ОСВЕТЛИТЕЛЬ, РУБЯЩИЙ ЭЛЕМЕНТ, ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, ОПТИМИЗАЦИЯ

UDC 631.542

**OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF
CHAIN BRUSH CUTTER WITH CHOPPING
ELEMENTS BASED ON LABORATORY
EXPERIMENT STUDY**

Polev Victor Sergeevich
postgraduate student
*Voronezh State Academy of Forestry Engineering,
Voronezh, Russia*

The optimization of constructive parameters of chain brush cutter with chopping elements has been performed. The optimal rotating speed of chain reel, speed of brush cutter and clearance between chain reel and surface has been found

Keywords: BRUSH CUTTER, BRIGHTENER, CHOPPING ELEMENT, LABORATORY EXPERIMENT, OPTIMIZATION

При выращивании лесных культур необходимым является агротехнический уход за ними, который проводится в целях предотвращения зарастания поверхности почвы сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью, накопления влаги в почве и т.п. Для механизации агротехнических уходов за культурами на вырубках в настоящее время применяются различные средства механизации, такие как дисковые орудия, фрезерные машины, тракторные кусторезы и др.

В существующих кусторезах, в частности осветлителе цепном ОЦ-2,3, в качестве рубящих органов применяют обычные цепи. При этом кусторез обладает высокой энергоемкостью, так как цепь ударяет по ветвям и ломает их, не перерезая. А применение ненадежной конструкции предохранительного устройства ведет к поломкам рабочих органов и приводов машин [1].

Ранее нами разработана новая конструкция рабочих органов кустореза [2, 3], в которой вместо цепей используются массивные ножи, имею-

щие шесть режущих дугообразных кромок, соединенных скобами, и в целом образующие аналог цепи. Барабан кустореза состоит из двух подпружиненных между собой частей, одна из которых подвижна в подшипнике вдоль оси вала и ведущего диска, выполненного на шлицевом соединении приводного вала и поджатого пружиной. Первые эксперименты в лабораторных условиях позволили убедиться в высокой эффективности предложенного кустореза.

Для определения оптимальных конструктивных и эксплуатационных параметров рабочих органов новой конструкции изготовлена лабораторная установка (рис. 1).

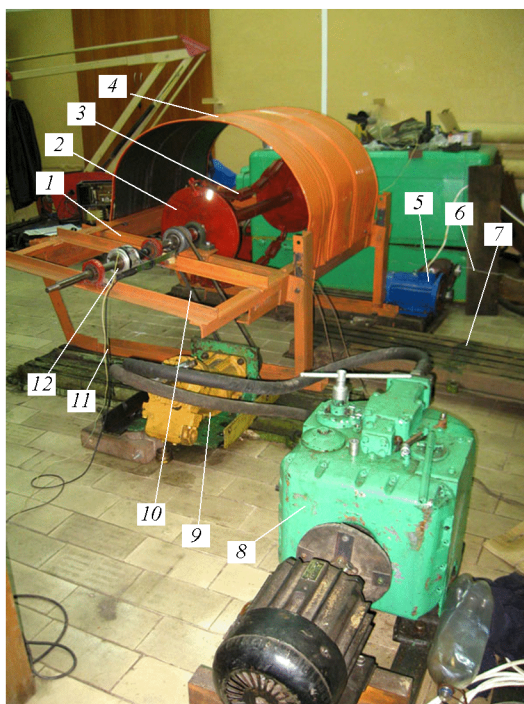


Рис. 1. Установка для лабораторного исследования кустореза новой конструкции: 1 – рама; 2 – цепной барабан; 3 – цепи, состоящие из рубящих элементов; 4 – защитный кожух; 5 – электродвигатель привода платформы с порослевинами; 6 – тросиковый привод платформы; 7 – платформа с порослевинами; 8 – гидронасосная станция; 9 – гидромотор; 10 – ременная передача; 11 – провода от датчиков к компьютеру; 12 – ртутный токосъемник

Установка включает в себя цепной барабан, механизм привода бара-

бана, механизм подачи, вал снятия показаний с датчиков. Цепной барабан 2, вал которого закреплен в подшипниках на раме 1, состоит из двух цепей 3, состоящих в свою очередь из рубящих элементов. Барабан кустореза приводится в движение через ременную передачу 10 от гидромотора 9 типа П М 20, питаемого от регулируемого насоса 8 типа П Д 20, который подает рабочую жидкость через трубопроводы.

Механизм подачи включает в себя подвижную платформу 7 с закрепленными на ней порослевинами, соединенную с помощью троса 6 с электродвигателем АИР 100L6Y2 5. Закрепленная поросль подается в направлении рабочего органа, вращающегося относительно неподвижно закрепленной оси. Частота вращения электродвигателя задает скорость подачи платформы, которая регулируется с помощью частотного преобразователя "CombiVario CV-7300EV" фирмы "Combarco". Показания с тензодатчиков, установленных в местах крепления цепей, снимаются через ртутный токосъемник 12 и передаются на компьютер по проводам 11.

Целью работы являлось определение на основе лабораторных экспериментов оптимальных конструктивных и эксплуатационных параметров кустореза новой конструкции.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ВГЛТА. Перед проведением опытов были заготовлены испытуемые образцы поросли пород дуб и сосна, в учебно-опытном лесхозе ВГЛТА. Порослевины выбирались здоровые без пороков. Все опыты по удалению поросли проводились для вертикального положения порослевин.

Порядок проведения каждого опыта был следующим:

1. Набор порослевин, имитирующий кустарниковую поросль с определенными таксационными параметрами, жестко закреплялся в зажимном устройстве на подающей платформе.

2. На компьютере последовательно включались программы, считыва-

вающие и записывающие сигналы, приходящие от датчика давления и датчика силы натяжения цепи.

3. Включался электродвигатель насосной станции и начиналась подача рабочей жидкости в гидромагистраль, что приводило во вращение вал гидромотора с закреплённым на нем цепным барабаном.

4. При этом фотографировали цифровым фотоаппаратом порослевины до эксперимента, во время эксперимента и после эксперимента, одновременно записывали видеоизображение рабочей области кустореза.

5. Платформа с порослевидами приводилась в движение электродвигателем, и происходило перерубание порослевин.

6. Зависимости от времени давления и усилия на рабочем органе записывались на компьютер, начиная с холостого разгона рабочего органа, продолжая удалением порослевин и заканчивая выключением электродвигателя.

7. Выключался электродвигатель насосной гидростанции, после чего опыт повторялся заново с этими же или другими параметрами процесса, рабочего органа или набора порослевин.

Результатом каждого опыта являлись, два записанных компьютером графика $P(t)$ и $F(t)$, а также фотоматериалы, фиксирующие характер измельчения порослевин (для последующей оценки качества удаления).

Для минимизации количества экспериментов было выполнено планирование экспериментального исследования [4, 5]. Наиболее важными параметрами кустореза являются: частота вращения цепного барабана ω_0 , скорость подачи порослевин v_x , и просвет между цепями барабана и уровнем почвы h_B . Наиболее важными показателями эффективности кустореза являются: $l_{\text{Щ}}$ – средняя длина щепы; $h_{\text{П}}$ – средняя высота остатков порослевин; N – потребляемая кусторезом мощность. Таким образом, экспериментальная задача оптимизации формулируется следующим образом [4]:

$$\begin{cases} l_{III}(\omega_0, v_x, h_B) \rightarrow \min; \\ h_{II}(\omega_0, v_x, h_B) \rightarrow \min; \\ N(\omega_0, v_x, h_B) \rightarrow \min. \end{cases}$$

Результаты трехфакторного экспериментального исследования, в соответствии с матрицей планирования, представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты оптимизационного экспериментального исследования

Номер эксп-та	ω_0 , об/с	v_x , м/с	h_B , см	l_{III} , см	h_{II} , см	N , кВт
1	10	0,7	10	19	8,1	6,4
2	7	0,4	7	39	35,4	8,2
3	13	0,4	7	9	5,7	14,1
4	7	1,0	7	41	38,8	13,5
5	13	1,0	7	11	8,7	18,9
6	7	0,4	13	42	39,0	2,9
7	13	0,4	13	13	8,8	9,0
8	7	1,0	13	45	41,5	7,7
9	13	1,0	13	17	11,3	14,2
10	5	0,7	10	61	60,5	3,3
11	15	0,7	10	8	6,9	13,5
12	10	0,2	10	15	7,3	4,8
13	10	1,2	10	22	10,8	12,5
14	10	0,7	5	16	6,3	14,5
15	10	0,7	15	22	10,8	5,8

По полученным результатам найдены аналитические выражения критериев l_{III} , h_{II} , N от факторов ω_0 , v_x , h_B в виде полиномов второго порядка. Для аппроксимации был использован метод наименьших квадратов в математическом пакете MathCAD 2000 и получены следующие выражения [5, 6]:

$$l_{\text{Ц}}(\omega_0, v_x, h_{\text{Б}}) = 0,707 \omega_0^2 + 6,699 v_x^2 + 0,087 h_{\text{Б}}^2 + 0,139 \omega_0 \cdot v_x + \\ + 0,042 \omega_0 \cdot h_{\text{Б}} + 0,417 v_x \cdot h_{\text{Б}} - 19,703 \omega_0 - 9,36 v_x - 1,784 h_{\text{Б}} + 149,02;$$

$$h_{\text{П}}(\omega_0, v_x, h_{\text{Б}}) = 1,210 \omega_0^2 + 22,41 v_x^2 + 0,204 h_{\text{Б}}^2 - 0,056 \omega_0 \cdot v_x - \\ - 8,333 \cdot 10^{-3} \omega_0 \cdot h_{\text{Б}} - 0,194 v_x \cdot h_{\text{Б}} - 29,232 \omega_0 - 24,637 v_x - \\ - 3,383 h_{\text{Б}} + 200,25;$$

$$N(\omega_0, v_x, h_{\text{Б}}) = 0,137 \omega_0^2 + 14,69 v_x^2 + 0,207 h_{\text{Б}}^2 - 0,014 \omega_0 \cdot v_x + \\ + 0,018 \omega_0 \cdot h_{\text{Б}} - 0,014 v_x \cdot h_{\text{Б}} - 1,903 \omega_0 - 12,19 v_x - 5,179 h_{\text{Б}} + 42,13.$$

Для проверки адекватности описания данными формулами исследуемых зависимостей использовали критерий Фишера [7]. С помощью полученных функций $l_{\text{Ц}}(\omega_0, v_x, h_{\text{Б}})$, $h_{\text{П}}(\omega_0, v_x, h_{\text{Б}})$, $N(\omega_0, v_x, h_{\text{Б}})$ можно прогнозировать эффективность работы предлагаемого кустореза в зависимости от его параметров ω_0 , v_x , $h_{\text{Б}}$.

Для анализа полученных зависимостей изобразим их графически. Функции трех переменных графически можно представить своеобразными "срезами": то есть графиками функций двух переменных при условии, что третья переменная имеет постоянное (центральное) значение (рис. 2). На данном рисунке поверхности отклика изображены линиями уровня функций и затемнены оптимальные области факторного пространства. В качестве границ оптимальных областей выбраны следующие изолинии: $l_{\text{Ц}} = 20$ см, $h_{\text{П}} = 10$ см, $N = 5$ кВт.

Проанализируем, как влияют параметры ω_0 , v_x и $h_{\text{Б}}$ на среднюю длину фрагментов порослевин $l_{\text{Ц}}$ (рис. 2 а-в). Параметры v_x и $h_{\text{Б}}$ примерно одинаково влияют на среднюю длину фрагментов: с увеличением данных параметров длина $l_{\text{Ц}}$ увеличивается. Однако зависимость от этих параметров довольно слабая. Гораздо сильнее влияет параметр ω_0 : при увеличении частоты вращения цепного барабана размер щеп существенно уменьшает-

ся. Анализируя положение оптимальных (затененных) областей на рис. 2 а–в, можно рекомендовать следующие оптимальные диапазоны факторов: ω_0 более 10 об/с; v_x менее 0,9 м/с; h_B менее 12 см.

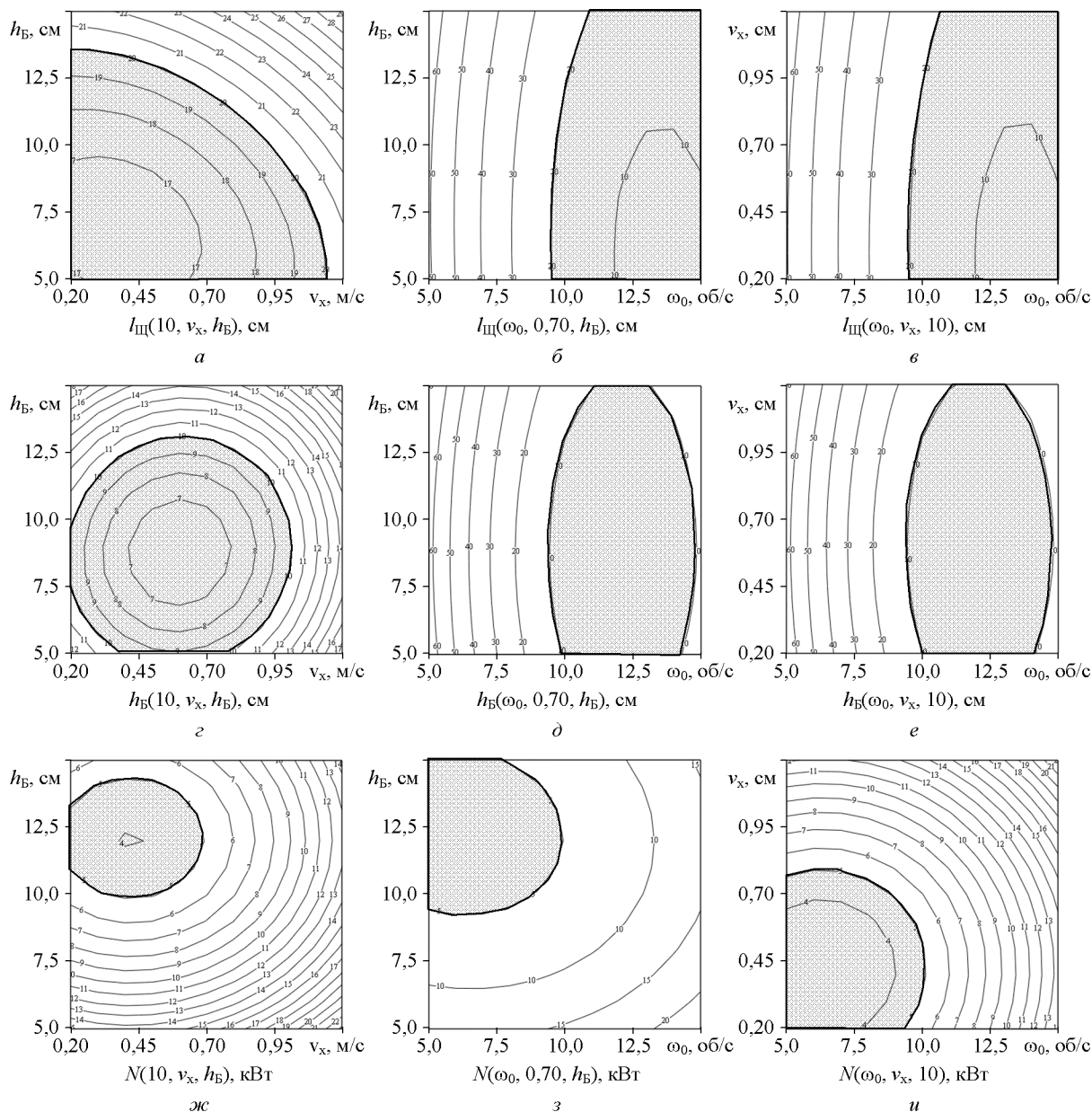


Рис. 2. Оптимальные области на экспериментальных зависимостях, представленных в виде линий уровня

Далее рассмотрим влияние параметров ω_0 , v_x и h_B на среднюю высоту остатков порослевин h_{II} (рис. 2 г–е). На соответствующих поверхностях отклика наблюдаются четкие минимумы при определенных наборах факторов, а при уменьшении и увеличении факторов к границам их диапазо-

нов, показатель $h_{П}$ ухудшается. Анализируя положение оптимальных областей на рис. 2 *з-е*, приходим к выводу, что оптимальные диапазоны факторов следующие: ω_0 от 10 до 14 об/с; v_x от 0,3 до 0,9 м/с; h_B от 6 до 12 см.

Анализ влияния параметров ω_0 , v_x и h_B на среднюю потребляемую кусторезом мощность N (рис. 2 *ж-и*) показал, что с увеличением каждого из кинематических параметров ω_0 и v_x потребляемая кусторезом мощность увеличивается приблизительно по квадратичному закону. С увеличением же h_B потребляемая мощность уменьшается. Сопоставляя положение оптимальных областей на рис. 2 *ж-и*, можно сделать вывод, что оптимальные диапазоны факторов следующие: ω_0 от 5 до 10 об/с; v_x от 0,2 до 0,7 м/с; h_B от 9 до 13 см.

Таким образом, по результатам экспериментального исследования можно рекомендовать следующие параметры кустореза новой конструкции. Частота вращения барабана кустореза должна составлять около 10 об/с. При меньшей частоте вращения барабана снижается качество удаления поросли, а при большей частоте вращения резко растет потребляемая кусторезом мощность. Скорость движения кустореза должна составлять 0,3 ... 0,7 м/с. При меньшей скорости движения кустореза ухудшается качество удаления поросли, при большей скорости – растет потребляемая кусторезом мощность. Оптимальный просвет между уровнем почвы и вращающимися цепями должен составлять 9 ... 12 см.

Список литературы

1. Бартенев И.М. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование / И.М. Бартенев, З.К. Емтыль, А.П. Татаренко, М.В. Драпалюк, П.И. Попиков, Л.Д. Бухтояров. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2011. – 408 с.
2. Заявка № 2008142814/12 на патент "Кусторез". Драпалюк М.В., Полев В.С.. Оpubл. БИПМ № 13 (1 ч.) 10.05.2010. С. 7.
3. Полев В.С., Драпалюк М.В. Моделирование рубящих элементов цепного кустореза // Лесной журнал, 2010. № 6. С. 94–98.
4. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. М.: ГРФМЛ изд-ва Наука, 1971. 312 с.
5. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов. М.: ГРФМЛ изд-

ва Наука, 1970. 287 с.

6. Горский В.Г., Адлер Ю.П., Талалай А.М. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики): учеб. пособие. М. : Metallurgia, 1978. 288 с.

7. Грановский, В. А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях: учеб. пособие. Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. 288 с.