

УДК 631.542

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ  
ЦЕПНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА  
КУСТОРЕЗА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО  
РАБОТЫ**

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

На основе имитационного моделирования про-  
веден анализ эффективности цепного кустореза  
с рабочим органом новой конструкции. Иссле-  
довано влияние частоты вращения рабочего ор-  
гана на показатели качества удаления поросли и  
энергетические затраты

Ключевые слова: КУСТОРЕЗ, ОСВЕТЛИТЕЛЬ,  
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, РУБЯЩИЙ  
ЭЛЕМЕНТ

UDC 631.542

**INFLUENCE OF ROTATION FREQUENCY  
OF CHAIN WORKING BODY ON ITS  
OPERATIONAL EFFICIENCY**

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

Based on imitating modeling the analysis of effi-  
ciency of a chain brush cutter with working body of  
a new design is carried out. Influence of frequency  
of rotation of the work body on indicators of quality  
of removal of young growth and power expenses is  
investigated

Keywords: BRUSH CUTTER, BRIGHTENER,  
IMITATING MODEL, CUTTING ELEMENT

При выращивании лесных культур периодически возникает необходимость удалять вокруг них кустарниковую растительность. Удаление кустарника (осветление) представляет собой сложную задачу по ряду причин. Ветви кустарника (порослевины) являются гибкими, отклоняются в процессе срезания, что затрудняет их качественное удаление. Кроме того, возможны поломки рубящих органов при ударах о пни, камни и другие объекты, которые могут встречаться на лесных участках, поэтому рубящие органы должны иметь некоторую степень податливости. 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. Применение ненадежной конструкции предохранительного устройства ведет к поломкам рабочих органов и элементов привода машины.

Ранее, нами разработана новая конструкция рабочих органов кустореза [1], в которой вместо цепей используются массивные ножи, имеющие 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 разработана имитационная компьютерная модель кустореза [2]. Модель в целом основана на методах классической динамики [3–5]. В рамках модели ножи кустореза представляются отдельными абсолютно твердыми телами, совершающими поступательное и вращательное движение в трехмерном пространстве. Каждая из двух цепей кустореза состоит из пяти ножей. Помимо описания

движения цепей, модель также описывает динамическое поведение порослевин. Для того, чтобы учесть способность порослевин к разделению на фрагменты, в модели каждая порослевина состоит из 20...40 (определяется случайным выбором с помощью генератора случайных чисел) шарообразных элементов, последовательно связанных между собой (рис. 1). Соседние элементы взаимодействуют между собой вязкоупругими силами, не дающими элементам приближаться и удаляться друг от друга, а также изгибаемыми силами (носящими вязкоупругий характер), противодействующими изгибу ветви. Два нижних элемента порослевины неподвижно зафиксированы. Если при взаимодействии с ножами соседние элементы удаляются далее некоторого критического расстояния, или изгибаются сильнее некоторого критического угла, в модели имитируется отрыв (слом) порослевины. После отрыва (слома) порослевина считается состоящей из двух различных независимых частей; каждая из этих частей далее также может разделяться на более мелкие части [2]. Для удобства моделирования разработана компьютерная программа на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7, находящаяся в настоящее время в стадии регистрации в ФСИС ПТЗ (рис. 1).

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния частоты вращения  $\omega_0$  рабочего органа (один из наиболее важных параметров кустореза) на эффективность кустореза на основе имитационного моделирования,

Для изучения влияния частоты вращения рабочего органа кустореза проведена серия компьютерных экспериментов, в которых постепенно увеличивалась частота вращения рабочего органа от 2 до 20 об/с с шагом 2 об/с. Компьютерный эксперимент заключался в движении вращающегося рабочего органа кустореза по отношению к контрольному участку размером 1,0 x 0,8 м с десятью случайно расположенными порослевиной случайной высоты. Горизонтальная скорость кустореза составляла 0,5 м/с

(нормативное значение для кустореза ОЦ-2,3). Компьютерный эксперимент прекращался при удалении оси рабочего органа кустореза свыше 1,0 м от границы контрольного участка.

В процессе компьютерного эксперимента, на экран непрерывно выводилось схематичное изображение цепей и порослевин в трех проекциях (рис. 1), график зависимости мгновенной мощности от времени  $N(t)$ , гистограмма распределения щепы по длине  $P(l_{щ})$ , текущие значения основных показателей эффективности (средняя длина щепы  $l_{щ}$ , средняя высота остатков порослевин  $h_{п}$ , доля удаленных ветвей, средняя потребляемая кусторезом мощность  $N$ ).

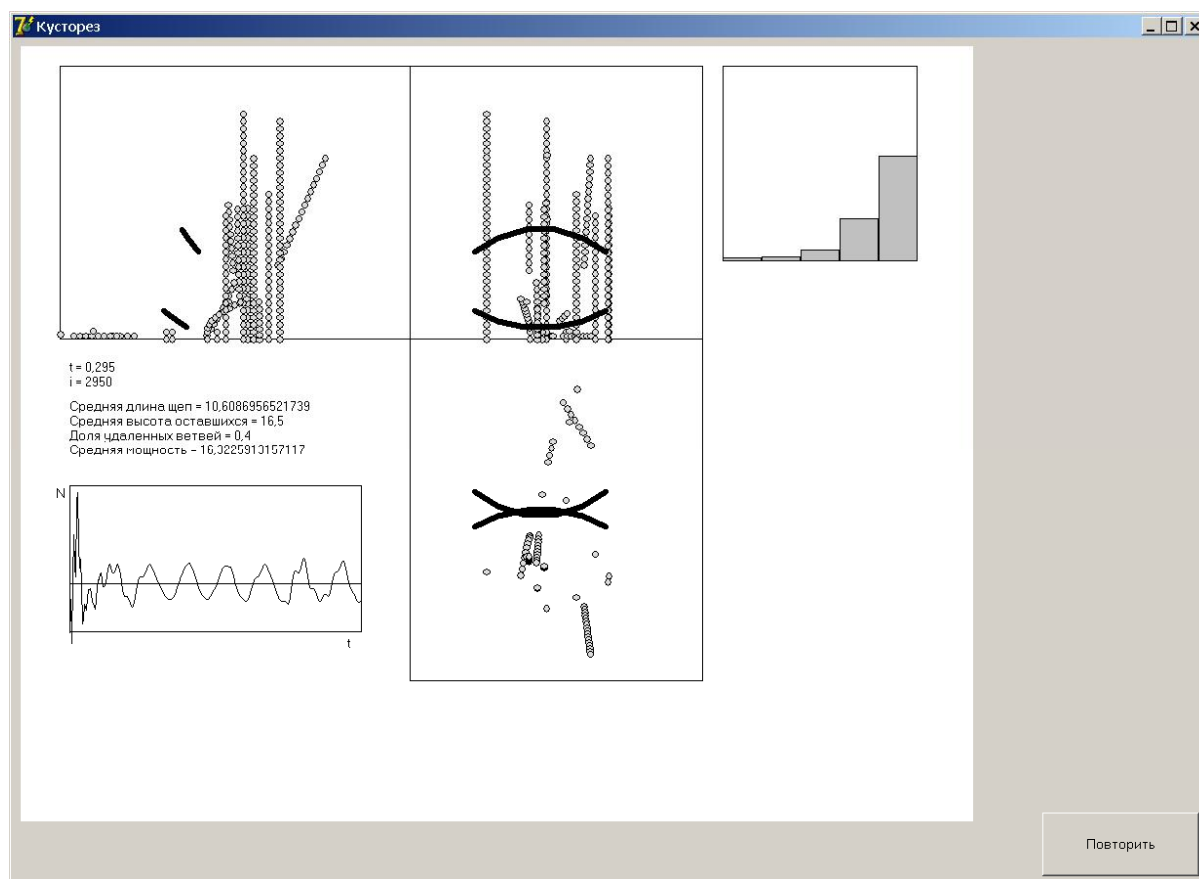


Рис. 1. Форма вывода результатов компьютерного эксперимента в программе для моделирования цепного кустореза с рубящими элементами

Кусторез должен хорошо измельчать порослевины, для того чтобы исключить их дальнейшую приживаемость. Зависимость средней длины щепы  $l_{щ}$  от частоты вращения рабочего органа носит экспоненциально-убывающий характер (рис. 2, *a*). Анализируя состояние порослевин при движении кустореза, можно прийти к выводу, что при малой частоте вращения  $\omega_0$  порослевины перерезаются у корня и успевают почти целиком упасть на землю. При высоких же частотах вращения щепь кустореза успевает перерезать падающую порослевины несколько раз, чем и объясняется малая средняя длина щепы.

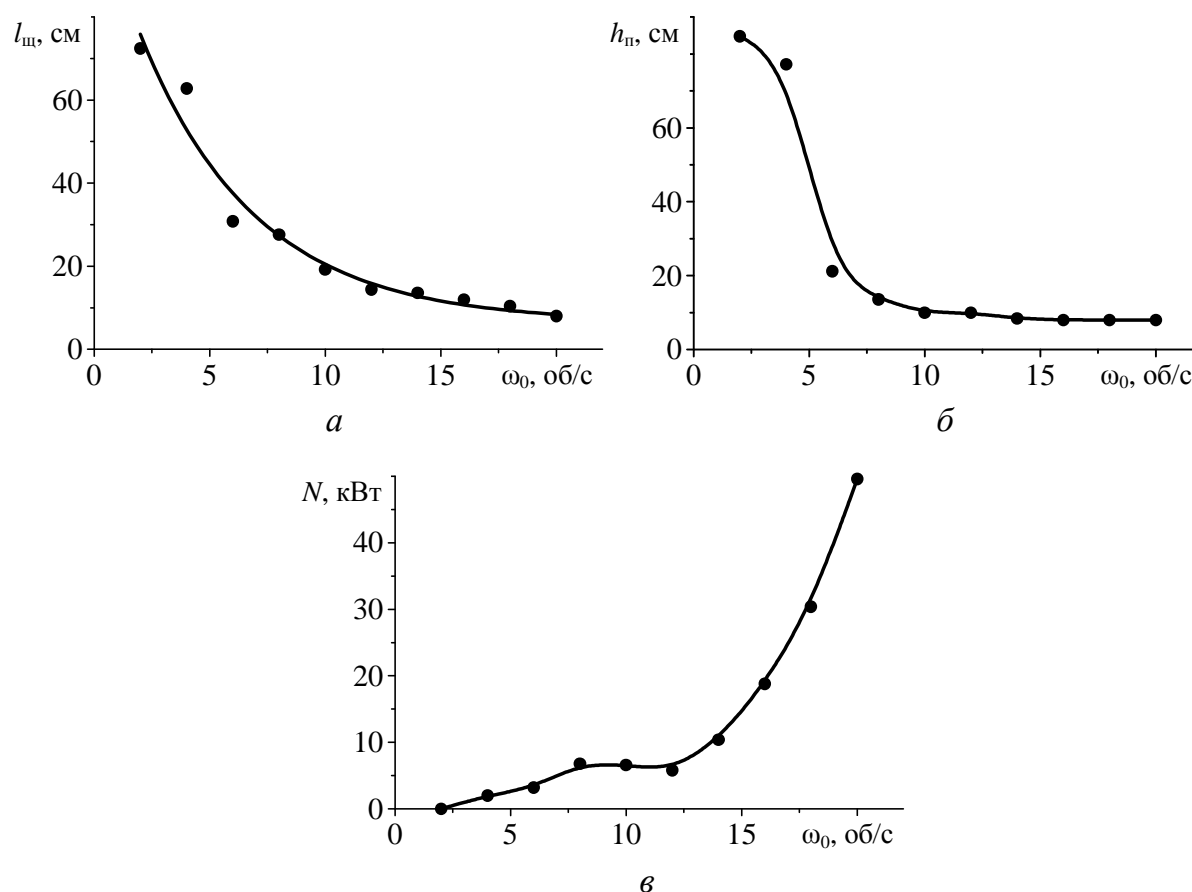


Рис. 2. Влияние частоты вращения  $\omega_0$  кустореза на среднюю длину щепы  $l_{щ}$  (*a*), среднюю высоту остатков порослевин  $h_{п}$  (*б*) и среднюю мощность  $N$ , потребляемую кусторезом (*в*)

Зависимость средней высоты остатков порослевин  $h_{п}$  также является

убывающей (рис. 2, б). При частоте вращения рабочего органа менее 6 об/с порослевины довольно значительно отгибаются цепью и только после этого срезаются, поэтому остаток порослевины оказывается довольно длинным. При частотах вращения же более 8 об/с скорость движения является достаточно высокой, чтобы порослевина не успела отогнуться в процессе перерубания.

Средняя потребляемая кусторезом мощность закономерно возрастает с увеличением частоты вращения рабочего органа (рис. 2, в). При частотах менее 12–14 об/с потребляемая мощность невелика (менее 10 кВт), а начиная с 14 об/с мощность резко возрастает.

Из сопоставления зависимостей на рисунке 2 следует, что оптимальная частота вращения рабочего органа лежит в диапазоне 10 ... 14 об/с.

Анализ гистограмм распределения щепы по длине (рис. 3) показывает, что при малой частоте вращения фрезы (6 об/с) встречается довольно много частиц длиной 0,3 ... 1,5 м, которые засоряют лесной объект и имеют возможность прижиться. При большой же частоте вращения фрезы (18 об/с) почти все щепы имеют размеры 0,1 ... 0,2 м, поэтому не засоряют поверхность, а выступают в роли удобряющего агента.

Модель позволяет оценить направление потока щепы от кустореза (рис. 4). При малой частоте вращения рабочего органа (6 об/с) длинные порослевины увлекаются цепным барабаном по ходу движения кустореза, что является неблагоприятным обстоятельством, так как засоряется полоса обработки перед кусторезом. При средних частотах вращения (12 об/с) поверхность вокруг движущегося кустореза засоряется равномерно во всех направлениях (не только вперед и назад, но и в стороны). При высоких же частотах вращения (18 об/с) вращающийся барабан формирует поток щепы назад по отношению к движению кустореза. Последний случай является самым благоприятным, так как щепы не засоряют не обработанную часть полосы перед кусторезом и соседние полосы.

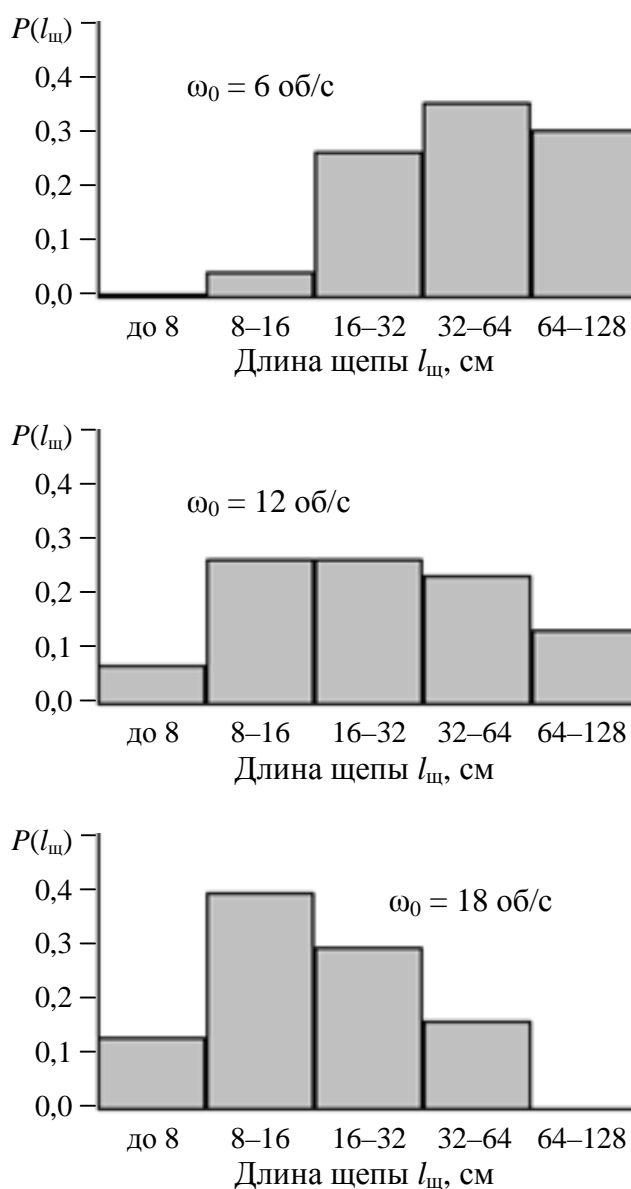


Рис. 3. Гистограммы распределения щепы по длинам  $P(l_{щ})$  в зависимости от частоты вращения фрезы  $\omega_0$

Таким образом, на основе проведенного комплексного теоретического анализа, можно рекомендовать для рабочих органов новой конструкции частоту вращения 14 ... 18 об/с. При таких частотах вращения достаточно хорошо срезаются и измельчаются порослевины, невелики затраты мощности и поток щепы движется назад по отношению к движению кустореза.

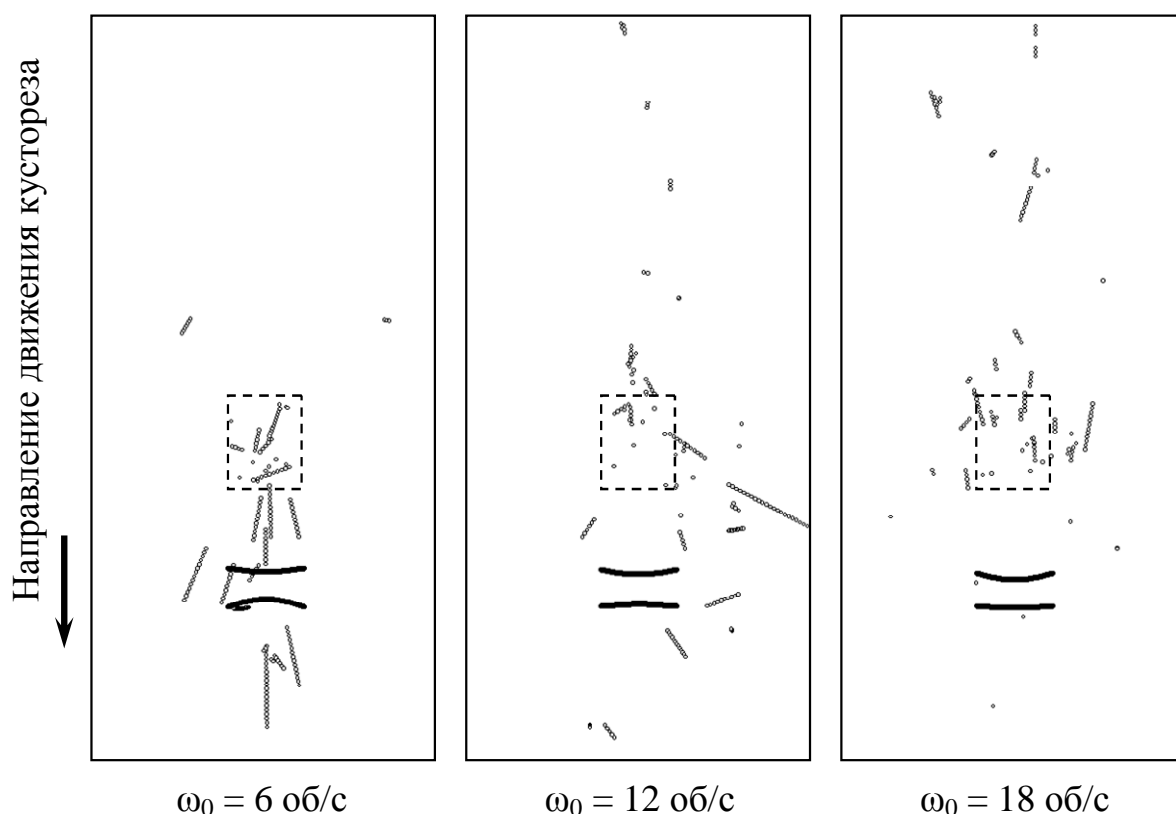


Рис. 4. Разброс цеп в горизонтальной плоскости после обработки кусторезом контрольного участка (изображен пунктирным прямоугольником) размером 1,0 x 0,8 м с десятью порослевинами

#### Список литературы

1. Заявка № 2008142814/12 на патент "Кусторез". Драпалюк М.В., Полев В.С.. Оpubл. БИПМ № 13 (1 ч.) 10.05.2010. С. 7.
2. Полев В.С., Драпалюк М.В. Моделирование рубящих элементов цепного кустореза // Лесной журнал, 2010. № 6. С. 94–98.
3. Советов Б. Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1998. 319 с.
4. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления: Учеб. для вузов / под ред. А. Б. Лурье. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. 312 с.
5. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.