

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ГРУЗОЗАХВАТНОГО СРЕЗАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ АЭРОСТАТНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕЛЕВКИ

доктор технических наук, профессор **А.В. Абузов**<sup>1</sup>

доктор технических наук, профессор **О.А. Куницкая**<sup>2</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Якутск, Российская Федерация

В статье представлены результаты практических и теоретических исследований в области применения аэростатно-канатных систем, способных работать в режиме вертикального изъятия дерева из полога леса и последующей его транспортировки на погрузочный пункт. Актуальность данного технологического направления заключается в невозможности традиционной лесозаготовительной техники проводить процесс заготовки и транспортировки древесины, не нарушая экологические требования. Отмечается, что явный экологический эффект может достигаться с применением воздушных средств заготовки и транспортировки древесины, в частности при использовании аэростатных комплексов. Приводится краткое описание работы грузозахватного срезающего механизма, используемого для вертикальной системы трелевки с использованием аэростатно-канатных систем. Указывается, что основными параметрами данных механизмов, влияющих на их эффективную работу, является масса механизма и скорость его опускания на крону дерева. Приводится методика расчета оптимальной массы грузозахватного срезающего механизма в зависимости от породы обрабатываемого дерева и скорости опускания. Даются краткие рекомендации расчета массы и скорости движения при возможном использовании восходящего грузозахватного срезающего механизма.

**Ключевые слова:** аэростатная трелевка, аэростатно-канатная система, грузозахватный механизм, вертикальное изъятие древостоя, воздушная трелевка, срез ветвей дерева

## DETERMINING THE WEIGHT OF LOAD-GRIPPING CUTTING MECHANISM FOR BALLOON SKIDDING SYSTEM

DSc (Engineering), Professor **A.V. Abuzov**<sup>1</sup>

DSc (Engineering), Professor **O.A. Kunitskaya**<sup>2</sup>

1 – FSBEI HE "Pacific National University", Khabarovsk, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Yakut State Agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation

### Abstract

The article presents the results of practical and theoretical studies in the field of application of balloon-cable systems capable of operating in the mode of vertical removal of a tree from a forest canopy and its subsequent transportation to a loading point. The relevance of this technological direction lies in the impossibility of traditional forestry equipment to carry out the process of harvesting and transporting wood without violating environmental requirements. It is noted that clear environmental effect can be achieved using air wood harvesting and transportation means, in particular when using balloon systems. A brief description of the operation of the load-gripping cutting mechanism used for the vertical skidding system using balloon-cable systems is given. It is indicated that the main parameters of these mechanisms that affect their effective operation are the mass of the mechanism and the speed of its lowering to the tree crown. The method of calculating the optimal mass of load-gripping cutting mechanism is given depending on the type

of wood being processed and the speed of lowering. Brief recommendations for calculating mass and speed of movement with the possible use of an ascending load-gripping cutting mechanism are given.

**Keywords:** balloon skidding, balloon-cable system, load-gripping mechanism, vertical removal of stand, aerial skidding, cut of tree branches

### Введение

При совершенствовании возможностей лесозаготовительной техники и оборудования не всегда учитываются современные экологические требования, важность и необходимость которых продиктована не только общими лесохозяйственными требованиями, но и нарастающей тенденцией смены климатических условий на всей планете.

Применение в процессе лесозаготовок традиционных наземных технологий, в совокупности с вариантами сплошных рубок, влечет за собой изменение почвенного покрова, резко усиливает контрастность микроклимата на вырубках, ухудшает водорегулирующие свойства, что препятствует естественному возобновлению леса, ведет к низкой сохранности тонкомера и подроста.

Максимальный уровень экологической безопасности, в частности для системы горных лесов, может достигаться только с принципиально новым подходом к проведению выборочных рубок. В классическом понимании выборочные рубки в горных лесах должны представлять собой частичное изъятие единичных деревьев с определенной площади леса. При этом идеальным представляется практически 100 % сохранение подроста, тонкомера и других близстоящих деревьев, а также отсутствие любого чрезмерного воздействия на почву [1]. Однако если учесть, что оставшиеся растущие деревья повреждаются не только от процесса наземной трелевки, но также и от падения дерева в процессе его валки, то согласно проведенным исследованиям [3, 4, 7-14], наиболее щадящей технологией, которая совмещает возможности выборочной заготовки леса с размерным и геометрическим учетом расположения эксплуатационных площадок или лент, может являться воздушный способ трелевки древесины, представленный аэростатно-канатной системой, работающей по принципу вертикального изъятия деревьев и транспортировки их на погрузочный пункт.

Исходя из этого, можно констатировать, что для проведения лесозаготовительного процесса с

вертикальным изъятием растущих деревьев и последующей их транспортировки на погрузочный пункт требуется разработка и параметризация специализированных грузозахватных механизмов (ГЗМ), использование которых позволяло бы применять радио дистанционную систему наведения и управления, максимально сохраняя оперативность работ.

### Материалы и методы

Для реализации эффективной работы аэростатно-канатной системы в режиме изъятия вертикально стоящих древостоев была разработана серия новых грузозахватных механизмов (ГЗМ), которые отличаются пониженным показателем энергозатрат при заготовке древесины, а также повышенной оперативностью и, соответственно, более низкой себестоимостью работ. По итогу исследований были предложены несколько вариантов ГЗМ, основной особенностью которых является наличие инерционных срезающих механизмов нисходящего и восходящего типа движения вдоль ствола дерева, в зависимости от породы [2].

Особенностью данных ГЗМ является использование в качестве инструмента реза специальных ножей и тяговой системы подъема или спуска срезающего механизма, движение которой обеспечивается бортовыми мини-лебедками либо подъемной силой аэростата.

Для обеспечения точного наведения на вершину стоящего дерева целесообразно применять инерционный ГЗМ в форме усеченного конуса. Данная форма обеспечивает минимальное сопротивление воздушной среды при перемещении аэростата и более устойчива в процессе опускания и наведения.

Разделяющийся грузозахватный механизм нисходящего типа движения (РГЗМ НГД) представлен конструкцией конусного вида, которая имеет верхний и нижний силовые узлы. При перемещении в точку загрузки, во избежание колебаний грузовой подвески, верхний и нижний узел находится в сомкнутом состоянии под оболочкой аэро-

стата. Когда аэростат достигает точки нахождения дерева, происходит его остановка за счет затормаживания работы барабанов наземных лебедок и последующее наведение и опускание РГЗМ на верхушку дерева с помощью бортового лебедочного комплекса, который находится под оболочкой аэростата. В момент достижения РГЗМ вершины дерева, происходит его разделение, после чего верхняя часть остается на месте, выполняя функции удержания вершины дерева, а нижняя часть, опускаясь вниз, за счет силы инерции, массы и специальных внутренних механизмов производит срез ветвей, захват комля, его срез и последующее удержание в процессе подъема и транспортировки. Процесс заготовки древесины с использованием аэростатно-канатной системы, оснащенной разделяющимся грузозахватным механизмом нисходящего типа движения, представлен на рис. 1.

Несмотря на явную эффективность, с точки зрения энергозатрат и улучшенной производительности разделяющийся грузозахватный механизм в совокупности с системой наведения и стабилизации является серьезной конструкцией, требующей отдельного изучения.

Необходимо отметить, что важными параметрами инерционного ГЗМ, обеспечивающими эффективное срезание ветвей, являются его масса и скорость опускания на крону дерева. При этом масса ГЗМ по отношению к скорости опускания должна быть оптимальной, так как её завышение снижает полезную нагрузку аэростата, а уменьшение не обеспечивает устойчивость грузовой подвески в процессе перемещения и наведения на груз. В связи с чем определение параметров массы инерционного грузозахватного механизма, а соответственно, и его конструктивных особенностей требует дополнительных исследований.

## Результаты и обсуждения

Используя сведения из источников [5, 6] о числе сучьев  $i$ , среднем диаметре сучьев  $d_c$ , длине бессучковой зоны  $l_{\text{бс}}$  в зависимости от диаметра дерева на высоте груди  $d_{1,3}$  для основных эксплуатационных пород (сосна, ель, лиственница), примем их за базовую информацию для дальнейшей методики расчета. Обработка данных проводилась с использованием метода наименьших квадратов.

По результатам статистической обработки, зависимость числа сучьев  $i$  от диаметра дерева на высоте груди  $d_{1,3}$  для сосны, ели и лиственницы выражена формулами

$$i = -0,0363d_{1,3}^2 + 4,9583d_{1,3} - 17,857, \quad (1)$$

$$i = -0,0036d_{1,3}^2 + 5,0643d_{1,3} - 20, \quad (2)$$

$$i = -0,0012d_{1,3}^2 + 1,6712d_{1,3} - 6,6. \quad (3)$$

Зависимость среднего диаметра сучьев  $d_c$  от диаметра дерева на высоте груди  $d_{1,3}$  для сосны, ели и лиственницы выражена формулами

$$d_c = 0,0229d_{1,3}^2 - 0,1514d_{1,3} + 10, \quad (4)$$

$$d_c = 0,0057d_{1,3}^2 + 0,0571d_{1,3} + 12,2, \quad (5)$$

$$d_c = 0,0125d_{1,3}^2 + 0,5d_{1,3} + 23,75. \quad (6)$$

Зависимость длины бессучковой зоны  $l_{\text{бс}}$  от диаметра дерева на высоте груди  $d_{1,3}$  для сосны, ели и лиственницы показана на рис. 2 и соответственно выражена формулами

$$l_{\text{бс}} = -0,0031d_{1,3}^2 + 0,434d_{1,3} + 1,2, \quad (7)$$

$$l_{\text{бс}} = -0,0023d_{1,3}^2 + 0,3181d_{1,3} - 0,2429, \quad (8)$$

$$l_{\text{бс}} = -0,0017d_{1,3}^2 + 0,2513d_{1,3} - 1,6584. \quad (9)$$

При этом общую длину дерева опишем выражением

$$l = -0,0062d_{1,3}^2 + 0,8028d_{1,3} + 0,6988. \quad (10)$$

Сила, необходимая для срезания одного сучка, определяется по известной формуле

$$P = 315 \cdot 10^4 d^2 a_{\Pi} a_{\delta}, \quad (11)$$

где  $d$  – диаметр сучка [м],  $a_{\Pi}$  – поправочный коэффициент на породу древесины,  $a_{\delta}$  – поправочный коэффициент на угол срезания сучка.

Учтем, что диаметр сучьев изменяется по длине ствола. В работах [5, 6] приводится диапазон изменения коэффициента вариации диаметра сучьев для этих пород древесины: 0,2–0,5. Коэффициент вариации  $\nu$  связан со среднеквадратичным отклонением  $S$  известной формулой

$$S = \nu \cdot d_c. \quad (12)$$

Распределение сучьев по диаметру опишем при допущении о нормальном распределении диаметра сучьев по стволу дерева с учетом функции для оценки плотности вероятности в виде

$$S \cdot (2\pi)^{\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(d-d_c)^2}{2S^2}\right\}, \quad (13)$$

а также уравнений (4)–(6) для  $d_c$  в зависимости от  $d_{1,3}$ .

Работа  $A$ , совершаемая при срезании с дерева всех сучьев, представляет собой сумму значений работы по срезанию каждого из сучков. С учетом функции распределения сучьев по диаметру, величину  $A$  [кДж] рассчитаем по формуле

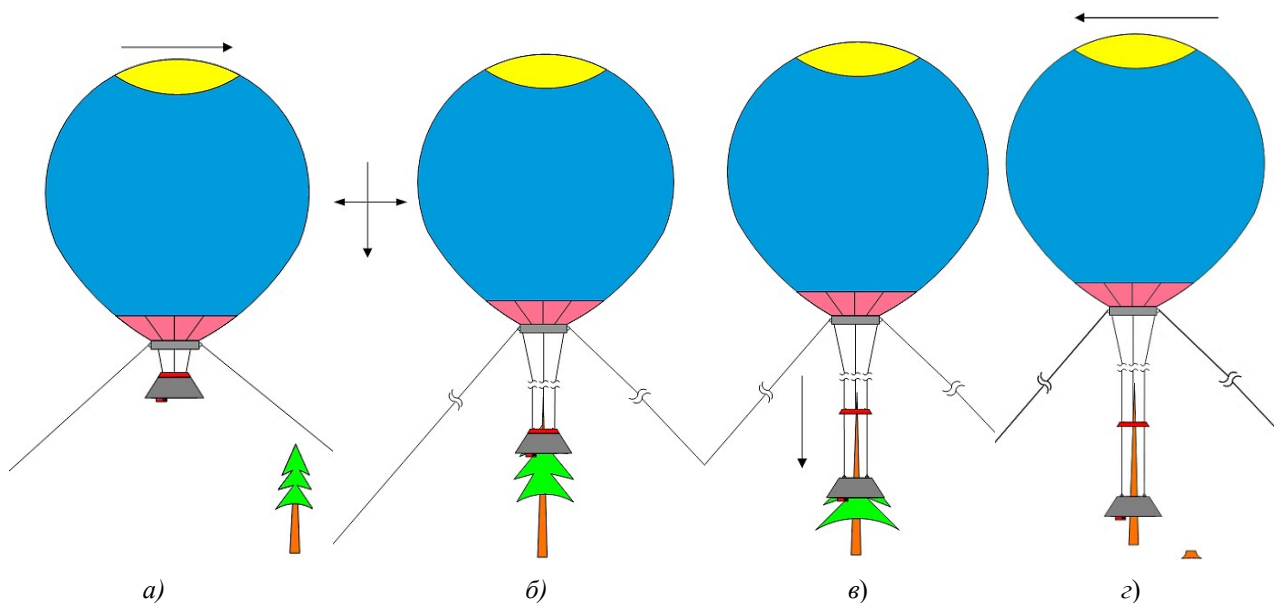
$$A = \int_0^{d_c+3S} 315 \cdot 10d^{-8} Sa_{\pi} a_{\delta} i d d \cdot \quad (14)$$

Сумму кинетической и потенциальной энергии срезающего механизма определим  $E$  [кДж] по формуле

$$E = 10^{-3} \{0,5MV^2 + Mg(l-l_{bc})\}, \quad (15)$$

где  $M$  – масса срезающего механизма,  $V$  – скорость срезающего механизма в начале процесса очистки дерева от сучьев,  $g$  – ускорение свободного падения.

Возможность очистки дерева от сучьев оценим по сопоставлению суммарной энергии срезающего механизма в начале процесса  $E$  и значения работы, которую необходимо совершить при срезании всех сучьев  $A$ .



Разработка Абузова А.В.

Рис. 1. Технологический процесс заготовки древесины с использованием РГЗМ НТД: а) движение в точку загрузки; б) процесс наведения; в) процесс очистки от ветвей и спил; г) процесс транспортировки в точку разгрузки

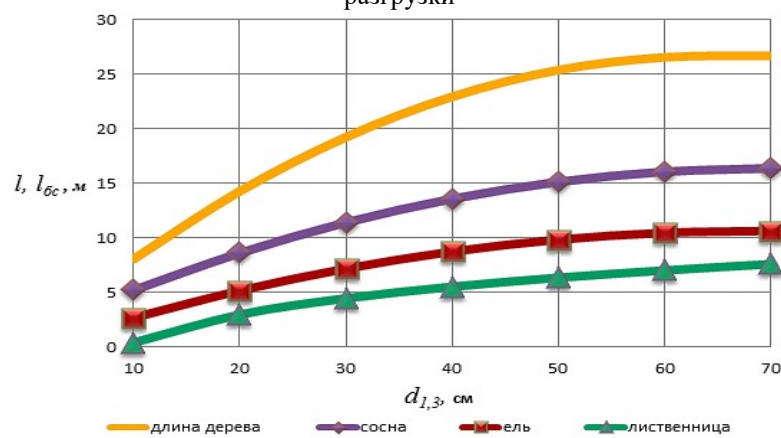


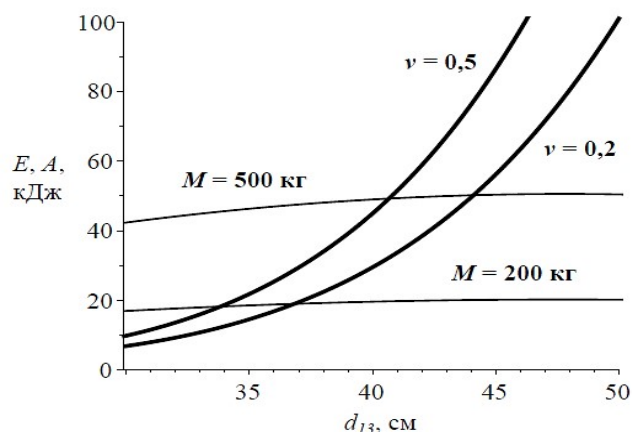
Рис. 2. Длина дерева и длина бессучковой зоны (графики с маркерами) в зависимости от диаметра дерева на высоте груди

Отметим, что при скоростях срезающего механизма в начале срезания сучьев (на вершине дерева) в пределах 1-2 м/с кинетическая энергия много меньше потенциальной, т.е.  $0,5MV^2 \ll Mg(l - l_{oc})$ . Например, при скорости  $V = 2$  м/с и массе  $M = 500$  кг кинетическая энергия составит 4 кДж, потенциальная энергия при разности  $l - l_{oc} = 10$  м составит 50 кДж, что на порядок выше. Таким образом, скорость, с которой начинается очистка дерева от сучьев, не оказывает на процесс заметного влияния. Иными словами, срезание сучьев становится возможным за счет энергии, приобретаемой срезающим механизмом уже в процессе его движения вдоль ствола дерева. Дополнительно заметим, что в теории резания в исследуемом диапазоне скоростей не вводится каких-либо дополнительных поправочных коэффициентов на скорость.

На рис. 3 в виде графиков представлены зависимости  $A$  и  $E$  от  $d_{1,3}$  при варьировании  $M$  и коэффициента вариации  $\nu$  (на примере сосны).

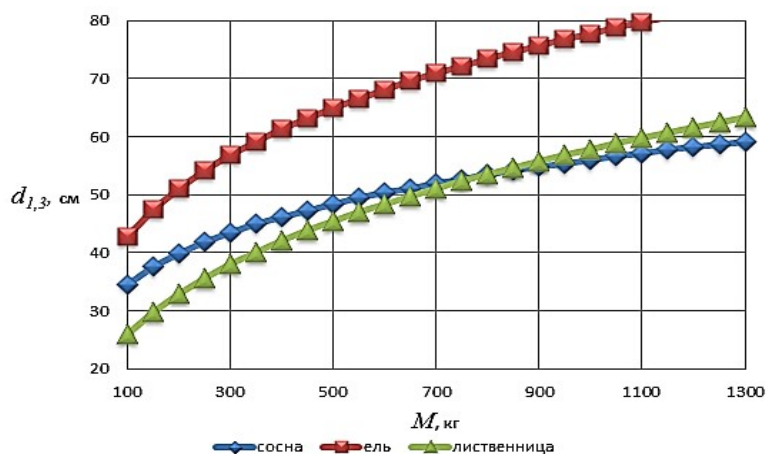
При заданных значениях  $M$ ,  $V$ ,  $a_{II}$ ,  $a_{\delta}$ , с учетом полученных выше зависимостей  $l$ ,  $l_{oc}$ ,  $i$ ,  $d_c$  от  $d_{1,3}$  по формулам (1)–(10), приравнивая друг другу величины  $A$  и  $E$  по формулам (14) и (15), получим соотношение для определения максимального диаметра  $d_{1,3}$  дерева, которое можно очистить от сучьев. Замкнутое решение относительно  $d_{1,3}$  не представляется возможным, поэтому для определения  $d_{1,3}$  прибегнем к численным методам.

Вычисления произведены при  $V = 1-2$  м/с,  $M = 50-500$  кг,  $a_{II} = 1$  (сосна), 1,1 (лиственница) и 1,3 (ель),  $a_{\delta} = 1$ ,  $\nu = 0,2-0,5$ . Результаты решения (средние значения) представлены на рис. 4.



Результаты вычислений авторов

Рис. 3. Работа при срезании с дерева всех сучьев (толстые линии), сумма кинетической и потенциальной энергии срезающего механизма (тонкие линии)



Результаты вычислений авторов

Рис. 4. Зависимость массы срезающего механизма от диаметра очищаемого дерева

Данные графиков на рис. 4 можно аппроксимировать ( $R^2 > 0,95$ ) следующими степенными зависимостями (для сосны, ели и лиственницы соответственно):

$$d_{1,3} = 13,121M^{0,2101} \pm 3,5, \quad (16)$$

$$d_{1,3} = 12,875M^{0,2604} \pm 2,7, \quad (17)$$

$$d_{1,3} = 5,239M^{0,3476} \pm 2,4. \quad (18)$$

Оценить изменение скорости срезающего механизма в процессе очистки дерева от сучьев можно следующим образом. Зададимся вертикальной координатой  $z$ , причем у верхушки дерева  $z = 0$ , а в начале бессучковой зоны дерева  $z = l - l_{\text{сч}}$ . С использованием закона сохранения энергии, а также выражений (14) и (15), при допущении о равномерном распределении числа сучков по длине ствола, получим для скорости  $V(z)$

$$V(z) = \sqrt{\frac{10^{-3} \{0,5MV^2 + Mgz\} - \int_0^z \int_0^S 315 \cdot 10d^{-8} Sa_{\text{II}} a_{\delta} i dd dz}{M}} \quad (19)$$

Например, при  $M = 500$  кг для сосны с диаметром  $d_{1,3} = 45$  см, зависимость скорости от координаты  $z$  (в диапазоне от 0 до  $l - l_{\text{сч}}$ ), решение уравнения (19) представим в виде графиков на рис. 5. Из графиков видно, что начальный «запас» энергии (т. е. кинетическая энергия, обусловленная скоростью срезающего механизма до начала очистки дерева от сучьев) довольно быстро расходуется на совершение работы (кривые при  $V = 1$  м/с и

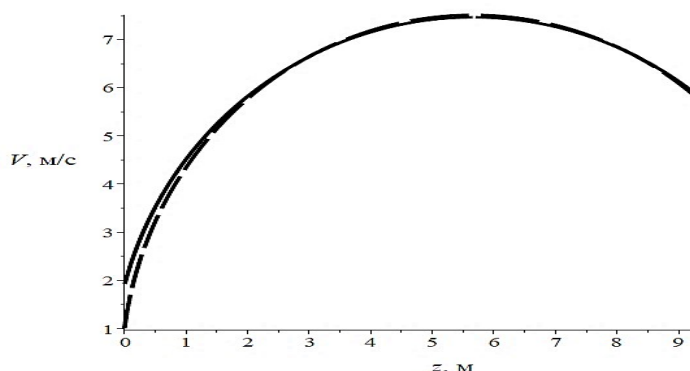
$V = 2$  м/с близки), и основная часть работы по срезанию сучьев совершается за счет энергии, получаемой срезающим механизмом во время его падения (т. е. уже после начала процесса очистки дерева от сучьев, при условии отсутствия ограничения на скорость со стороны лебедки).

Для сравнения также были проведены расчеты, когда поправочный коэффициент на угол среза сучка  $a_{\delta} = 0,7$ . Полученные результаты сравнения отражены на графике (рис. 6).

### Выводы

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что среднее значение массы, необходимой для эффективного срезания сучьев на вертикально стоящем дереве с использованием инерционного разделяющегося грузозахватного механизма нисходящего типа движения, может составлять 500 кг.

В случае использования грузозахватного механизма с направлением очистки дерева от сучьев снизу вверх за счет перемещения механизма подъемной силой аэростата условия, при которых возможно срезание сучьев по направлению вверх, определяются сопоставлением подъемной силы аэростата за вычетом веса срезающего механизма (итого 30–40 кН) и силы, необходимой для срезания максимального по диаметру сука по формуле (11).



Результаты вычислений авторов

Рис. 5. Изменение скорости срезающего механизма в процессе очистки дерева от сучьев (сосна,  $d_{1,3} = 45$  см,  $M = 500$  кг): сплошная линия –  $V = 2$  м/с, пунктирная линия  $V = 1$  м/с

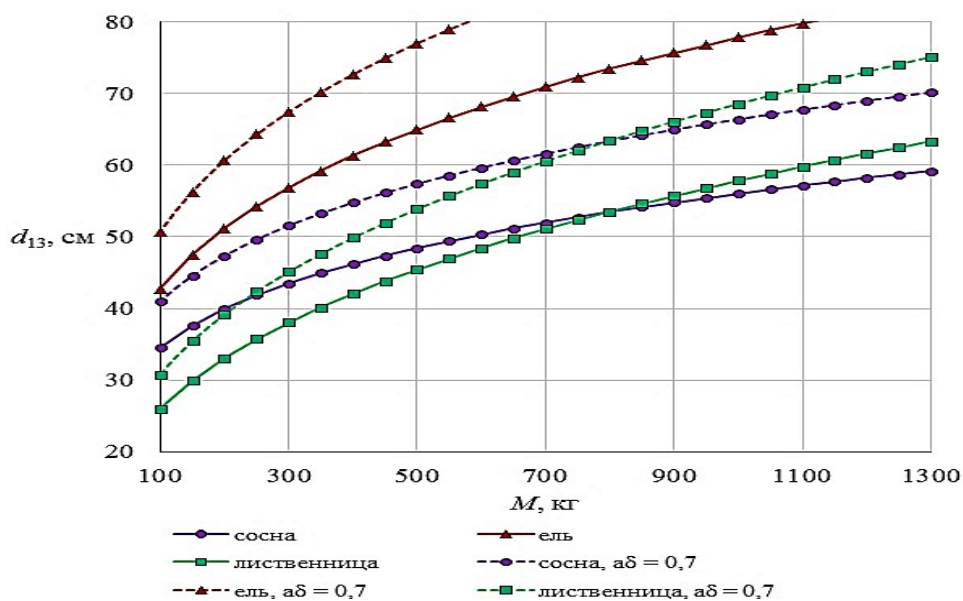


Рис. 6. График зависимости массы срезающего механизма от диаметра очищаемого дерева при  $a_\delta = 0,7$  и  $a_\delta = 1$

### Библиографический список

1. Абузов, А. В. Агрэкология: формирование лесозаготовительных операций с учётом экологических требований / А. В. Абузов // Инженерная экология. – 2012. – № 1 (103). – С. 24–31.
2. Абузов, А. В. Особенности лесозаготовительного процесса при вертикальном изъятии и транспортировке деревьев воздушным способом / А. В. Абузов, Р. В. Бернотас // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур: сб. докл. Междунар. Экол. Семинара, Хабаровск, 6-8 мая 2015 г. / под ред. проф. П. Б. Рябухина. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – С. 67–71.
3. Анисимов, Г. М. Экологическая эффективность трелевочных тракторов / Г. М. Анисимов, И. В. Григорьев, А. И. Жукова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТА, 2006. – 252 с.
4. Средообразующие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации : монография / И. В. Григорьев, А. И. Жукова, О. И. Григорьева, А. В. Иванов. – Санкт-Петербург : ЛТА, 2008. – 174 с.
5. Залегаллер, Б. Г. Технология и оборудование лесных складов : учебник для вузов / Б. Г. Залегаллер, П. В. Ласточкин, С. П. Бойков. – 3-е изд., испр., доп. – Москва : Лесн. пром-сть, 1984. – 352 с.
6. Редькин, А. К. Выбор лесоскладских машин и технологии в зависимости от размерно-качественных характеристик обрабатываемого сырья / А. К. Редькин, А.Я. Чуваев. – Москва : МЛТИ, 1981. – 76 с.
7. Патент на изобретение № 2135351 Российская Федерация, МПК В27L. Сучкорезно-окорочное устройство для обработки стоящих деревьев : заявл. 98112451/13 24.06.1998 : дата публ. 27.08.1999 / Якимович С.Б., Дьячков О.Е., Ткаченко В.Ю. ; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет.
8. Патент на изобретение № 2233073 Российская Федерация, МПК А01G 23/083, А01G 23/08. Лесной комбайн : заявл. 02.07.2002; дата публ. 27.07.2004 / Якимович С.Б., Редькин А.К., Зорин А.Н. ; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет, Московский государственный университет.
9. Patent US 3638693, A01G 23/02. Forest harvester / Inventor: Ulf Hjalmar Sundberg ; Pub. Date Feb. 1, 1972.
10. Patent US 6263932B1, A01G 23/095. Aerial tree harvesting apparatus / Inventor: Robert Chalifoux ; Pub. Date Jul. 24, 2001.

11. Patent US 6672347B2, A01/095. Aerial tree delimiting apparatus / Inventor: Ervin Ralph Tingstad ; Pub. Date Jan. 6, 2004.
12. Patent US 4662414, A01G 23/08. Apparatus and method for collecting a tree top / Inventor: Helmut E. Fandrich ; Pub. Date May 5, 1987.
13. Patent US 2009/0000698A1, A01G 1/50. Suspendable tree cutter having an adjustable orientation pivot / Inventor: Brian Beresford ; Pub. Date Jan. 1, 2009.
14. Григорьев, И. В. Особенности эксплуатации колесных лесных машин в сложных почвенно-грунтовых и рельефных условиях / И. В. Григорьев, С. Е. Рудов // Forest Engineering: материалы научно-практической конференции с международным участием. 2018. – С. 67–71.

### References

1. Abuzov A.V. *Agrojekologija: formirovanie lesozagotovitel'nyh operacij s uchjotom jekologicheskikh trebovanij // Inzhenernaja jekologija*. 2012. №1(103). – S. 24 – 31.
2. Abuzov A.V., Bernotas R.V. *Osobennosti lesozagotovitel'nogo processa pri vertikal'nom iz'yatii i transportirovke derev'ev vozdušnym sposobom // Filosofiya sovremennogo prirodopol'zovaniya v bassejne reki Amur: sb. dokl. Mezhdunar. Ekol. Seminara, Habarovsk, 6-8 maya 2015 g. / pod red. prof. P.B. Ryabuhina. – Habarovsk: Izd-vo Tihookean. gos. un-ta, 2015. – S. 67 – 71.*
3. Anisimov G.M., Grigor'ev I.V., Zhukova A.I. *Ekologicheskaya effektivnost' trelevochnyh traktorov*.
4. Grigor'ev I.V., Zhukova A.I., Grigor'eva O.I., Ivanov A.V. *Sredoshchadyashchie tekhnologii razrabotki lesosek v usloviyah Severo-Zapadnogo regiona Rossijskoj Federacii: Monografiya. – SPb.: LTA, 2008. – 174 s*
5. Zalegaller B. G., Lastochkin P. V., Bojkov S. P. *Tekhnologiya i oborudovanie lesnyh skladov - Uchebnik dlya vuzov. – 3-e izd., ispr., dop. – M.: Lesn. prom-st', 1984. – 352 s.*
6. Red'kin A.K., Chuvelev A.YA. *Vybor lesoskladskih mashin i tekhnologii v zavisimosti ot razmerno-kachestvennyh harakteristik obrabatyvaemogo syr'ya*. M.: MLTI, 1981. – 76 s.
7. *Patent na izobrenie №2135351 Rossijskaya Federaciya, MPK B27L. Suchkorezno-okorochnoe ustrojstvo dlya obrabotki stoyashchih derev'ev / YAKimovich S.B., D'yachkov O.E., Tkachenko V.YU.; zayavitel' i patentoobladatel' Marijskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet; zayavl. 98112451/13 24.06.1998; data publ. 27.08.1999.*
8. *Patent na izobrenie №2233073 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 23/083, A01G 23/08. Lesnoj kombajn / YAKimovich S.B., Red'kin A.K., Zorin A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' Marijskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, Moskovskij gosudarstvennyj universitet; zayavl. 02.07.2002; datapubl. 27.07.2004.*
9. Patent US 3638693, A01G 23/02. Forest harvester / Inventor: Ulf Hjalmar Sundberg; Pub. Date Feb. 1, 1972.
10. Patent US 6263932B1, A01G 23/095. Aerial tree harvesting apparatus / Inventor: Robert Chalifoux; Pub. Date Jul. 24, 2001.
11. Patent US 6672347B2, A01/095. Aerial tree delimiting apparatus / Inventor Ervin Ralph Tingstad; Pub. Date Jan. 6, 2004.
12. Patent US 4662414, A01G 23/08. Apparatus and method for collecting a tree top / Inventor: Helmut E. Fandrich; Pub. Date May 5, 1987.
13. Patent US 2009/0000698A1, A01G 1/50. Suspendable tree cutter having an adjustable orientation pivot / Inventor: Brian Beresford; Pub. Date Jan. 1, 2009.
14. Grigor'ev I.V., Rudov S.E. *Osobennosti ekspluatcii kolesnyh lesnyh mashin v slozhnyh pochvenno-gruntovyh i rel'efnyh usloviyah // Forest Engineering: materialy nauchno-prakticheskoi konferencii s mezdu-narodnym uchastiem*. 2018. – S. 67-71.



### Сведения об авторах

*Абузов Александр Викторович* – доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесопользования и ландшафтного строительства ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Российская Федерация; e-mail: ac-systems@mail.ru.

*Куницкая Ольга Анатольевна* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», г. Якутск, Российская Федерация; e-mail: ola.ola07@mail.ru.

### Information about authors

*Abuzov Aleksandr Viktorovich* – DSc (Engineering), Professor, Department of Forest Management Technology and Landscape Construction, FSBEI HE "Pacific National University", Khabarovsk, Russian Federation; e-mail: ac-systems@mail.ru.

*Kunitskaya Olga Anatolyevna* – DSc (Engineering), Professor of the Department "Technology and equipment of the forest complex", FSBEI HE "Yakut State Agricultural Academy", Yakutsk, Russian Federation; e-mail:ola.ola07@mail.ru.