УДК 630. 36

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ОТРЯХИВАТЕЛЕЙ УДАРНОГО ТИПА

И.В. Голубев, Г.Г. Ворожейкин

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»
660049 Красноярск, пр-т Мира, 82; e-mail: atlm@sibstu.kts.ru

Проблема механизации сбора семян хвойных деревьев и заготовки кедровых орехов до настоящего времени недостаточно проработаны. Одним из способов их сбора является применение механизмов, передающих стволу дерева вибрацию или ударный импульс. Наиболее важным показателем при сборе семян с растущих деревьев данным способом является величина ускорения кроны, обеспечивающая отрыв шишек от веток.

В работе приведены теоретические основы расчёта величины ударного импульса, достаточного для отряхивания плодов (шишек).

Ключевые слова: технология заготовки, отряхиватель, ударный импульс, вибрация, динамическая величина

The problems of mechanization of collection of coniferous seeds and stocking up cedar nuts aren't worked enough. One of ways of collection seeds and nuts is an application of mechanism, which transmits a vibration and the percussion impulse to a trunk of a tree. The most important index in collection of seeds from growing trees with the help of this way is a quantity of an acceleration of a crown, which ensures a tearing off cones from branches.

In this work there are theoretical bases of a calculation of a quantity of the percussion impulse, which is enough a tearing off cones.

Key words: the technology of stocking up, the shaker off, the percussion impulse, a vibration, a dynamic quantity

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для предприятий лесного хозяйства проблема обеспечения непрерывного, неистощительного и рационального использования кедровых лесов является актуальной. Наращивание объемов лесовосстановления кедра сдерживается из-за отсутствия совершенных технологий и специальных средств механизации, недостатка семенного ореха, сложности его заготовки в горных и труднодоступных районах.

Использование целого ряда имеющихся в настоящее время механизмов не может быть приемлемым из-за высоких требований к качеству заготовки кедрового ореха в целях снижения уровня повреждений ценных деревьев, а так же получения семян с высокой жизнеспособностью.

Поэтому одной из актуальных проблем, имеющих большое народнохозяйственное и научно-техническое значение, является решение вопросов совершенствования технологических процессов и оборудования путем создания экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий на базе машин, комбинированных и универсальных, позволяющих механизировать самые трудоемкие рабочие операции без нанесения существенного вреда окружающей среде и древесной растительности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Растущее хвойное дерево – сложная разветвленная система. Каждая составляющая этой системы (ствол, ветви, хвоя, черенки, шишки) имеет специфические динамические характеристики, зависящие от биологических и природно-климатических факторов. Поэтому оценка конкретных динамических величин дерева и отдельных составляющих крайне проблематична.

В целях упрощения задачи, связанной с определением оптимальных параметров и размеров устройств для отряхивания плодов (шишек), в первом приближении используем закон сохранения энергии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кинетическая энергия, необходимая для отряхивания всей массы шишек одного дерева, может быть определена по классической формуле механики

$$W_2 = m_2 u_2^2 / 2, \qquad (1)$$

где m_2 – масса шишек одного дерева;

u_2 – скорость, получаемая шишками при ударе бойком отряхивателя по стволу дерева. В наших рассуждениях примем её одинаковой для всех шишек.

При неполном упругом ударе, в частности, при соударении бойка 5 отряхивателя (рис. 1) со стволом 1 растущего дерева, имеет место потеря кинетической энергии, которая описывается известным уравнением

$$-\Delta W = 0{,}5 m_{пр} (\upsilon_1 - \upsilon_2)^2 (1 - k^2), \qquad (2)$$

где $m_{пр}$ – приведенная масса системы;

υ_1 – скорость бойка отряхивателя в момент удара по стволу;

υ_2 – скорость шишки до удара. При отсутствии ветровой нагрузки на

крону дерева $\upsilon_2 = 0$;

k – коэффициент восстановления, учитывающий упругие свойства древесины.

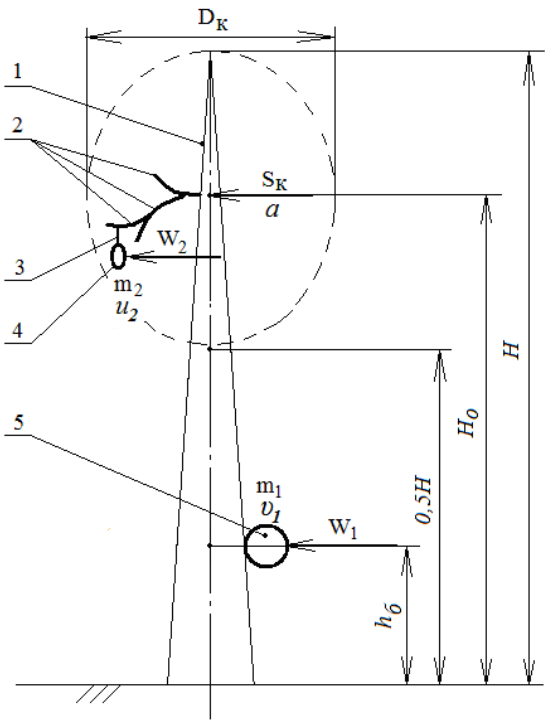

Рисунок 1 – Упрощенная расчетная схема дерева: 1 – ствол; 2 – ветви; 3 – черенок; 3 – плод (шишка); 5 – боек отряхивателя

Поскольку масса дерева значительно больше масс бойка и шишек, приведенную массу выразим через массу m_1 бойка и массу m_2 отряхиваемых шишек

$$M_{пр} \approx m_1 m_2 /(m_1 + m_2)$$

Кроме вышеуказанной потери энергии ($-\Delta W$), при распространении ударной волны имеет место потеря кинетической энергии за счет снижения амплитуды ударного импульса S_1, обусловленная большим расстоянием от центра удара до шишек и наличием диссипативных свойств древесины, коры и черенков. Фактор длины может быть приближенно учтен отношением расстояния $h_б$ от поверхности почвы до центра удара к расстоянию $\ell_{max} \approx H_0 + 0{,}5D_к$ от этой же поверхности до наиболее удаленной шишки в кроне. Второй фактор, зависящий от диссипативных свойств, можно учесть коэффициентом δ затухания свободных колебаний из-за наличия сил трения.

Тогда, на основании изложенного выше, уравнение кинетической энергии системы «шишки – отряхиватель» можно представить в виде

$$W_2 = W_1 \delta\, h_б / \ell_{max} - \Delta W. \qquad (3)$$

Решив уравнение (3) относительно W_1, получим уравнение кинетической энергии удара

$$W_1 = [0{,}5(m_2 u_2^2 + m_1 m_2 (\upsilon_1 - \upsilon_2)^2 (1 - k^2)/(m_1 + m_2)]\, \ell_{max}/ \delta\, h_б \qquad (4)$$

Входящие в выражение (4) параметры отряхивателя m_1, υ_1, $h_б$ определяют, исходя из технологии заготовки шишек (ручная или механизированная) и способа привода бойка 5 отряхивателя (со свободным падением, с пружинным ускорителем, пиротехническим и т. п.).

Параметры отряхиваемого дерева ℓ_{max} и m_2 определяют визуально или по статистическим данным.

Коэффициент затухания δ можно определить на основании известных диссипативных функций для соответствующего вида колебаний или по формуле

$$\delta = r/2b_0,$$

где r – обобщенный коэффициент трения;

b_0 – обобщенная координата (масса, сила, момент инерции).

Коэффициент восстановления выражают отношением абсолютных значений относительных скоростей после и до удара

$$k = (u_2 - u_1)/(\upsilon_1 - \upsilon_2).$$

До удара скорость шишки $\upsilon_2 = 0$, после удара скорость бойка $u_1 \to 0$. Значение коэффициента восстановления для древесины в расчетах принимают ориентировочно равным 0,5. В этом случае после удара максимальная скорость u_2 перемещения шишки будет равна $u_2 \approx 0{,}5\upsilon_1$, что упрощает решение поставленной задачи.

Тогда уравнение (4) после преобразований примет вид

$$m_2 (4m_1 + m_2)\, \ell_{max}\, \delta /4\, m_1(4m_1 + m_2)\, h_б = 1 \qquad (5)$$

$$(m_1 m_2 + 0{,}25\, m_2^2)\, \ell_{max}\, \delta/ (m_1^2 + m_1 m_2)\, h_б = 1 \qquad (6)$$

Зная массу отряхиваемых шишек, параметры ℓ_{max} и δ растущего дерева и высоту $h_б$ точки приложения удара над поверхностью почвы можно ориентировочно определить массу m_1 бойка отряхивателя.

Приняв геометрические размеры и способ привода бойка, можно рассчитать ударный импульс $S_к$ и расчетную силу P удара в центре кроны.

Для вывода кроны из состояния покоя расчетная сила удара должна превышать сумму сил сопротивления $P_в$ воздушной среды и инерции $P_а$ кроны

$$P > P_в + M_к a,$$

где $M_к$ – масса кроны;

a – начальное ускорение, задаваемое кроне при ударе.

С другой стороны, расчетная сила не должна превышать величины, при которой возможно обламывание веток, опад завязей и хвои отряхиваемого дерева.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение устройства для околота кедровых шишек взамен вибратора позволит снизить затраты

на выполнение работ, исключить нарушения экологии и повреждения древостоев от передвижения трактора по лесу. Также применение орудия исключает механические повреждения стволов растущих деревьев, возникающие при использовании традиционных околачивающих устройств

Поступила в редакцию 19 января 2011 г.
Принята к печати 27 апреля 2011 г.