

## К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ВАЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ УДАРНО-ИМПУЛЬСНОГО ДЕЙСТВИЯ

Одной из главных задач при создании многооперационных лесозаготовительных машин с непрерывным рабочим процессом [1] является отработка параметров валочных устройств ударно-импульсного действия. Направленная безостановочная валка деревьев осуществляется за счет ударно-импульсной силы бояка сталкивающего устройства, приложенной выше плоскости срезания. Ударная сила бояка выносит комель дерева в сторону движения машины, а дерево при этом падает в противоположном направлении, т.е. на приемное устройство машины.

Залогом успешного применения ударно-импульсного способа валки деревьев [2] является расчет основных параметров бояка сталкивающего устройства путем определения основных соотношений при взаимодействии бояка с комлем дерева.

Используя теорию частичного упругого удара, рассмотрим удар по комлю срезаемого дерева бояка сталкивающего устройства массой  $m$ , движущегося горизонтально со скоростью  $v$ . Согласно этой теории процесс удара можно разбить на два этапа. В течение первого этапа тела сближаются, пока их скорости не станут равными. При этом происходит переход кинетической энергии движущихся тел в потенциальную энергию их деформации. На первом этапе между бойком сталкивающего устройства и комлем дерева действует ударный импульс  $S_1$ . На втором этапе происходит обратный процесс: потенциальная энергия деформации частично переходит обратно в кинетическую. Боек и дерево расходятся, приобретая различные скорости, боек сталкивающего устройства замедляет скорость, а дерево приобретает поступательную и вращательную скорости. За время второго этапа между бойком и деревом действует ударный импульс  $S_2$ .

Отношение ударных импульсов  $S_1$  к  $S_2$  является коэффициентом восстановления  $K$  при ударе.

Коэффициент восстановления при ударе бояка различной конструкции о комли деревьев основных пород определен в ЛТА. А. Фуриным и равен 0,27 - 0,33, что подтверждает правильность выбора и использования энергии частично упругого удара.

Учитывая характер воздействия бойка на комель дерева и применив теоремы об изменении количества движения на первом и втором этапах удара, получим следующие соотношения:

$$m(v_0 - v) = -S_1; \quad (1)$$

$$M \cdot \dot{x} = -S_1 - S_{R_1}; \quad (2)$$

$$m \cdot (v_{oc} - v_0) = -K \cdot S_1; \quad (3)$$

$$M \cdot (\dot{x} - \dot{x}_0) = K \cdot S_1 - S_{R_2}, \quad (4)$$

где  $m$  - масса бойка сталкивающего устройства, кг;  $M$  - масса дерева, кг;  $v_0$  - общая скорость бойка и комля дерева после первого этапа, м/с;  $v_{oc}$  - остаточная скорость бойка после удара, м/с;  $v$  - предударная скорость бойка, м/с;  $\dot{x}_0$  - скорость центра тяжести дерева после первого этапа, м/с;  $\dot{x}$  - скорость центра тяжести дерева после удара, м/с;  $S_{R_1}$  - импульс силы сопротивления перемещения комля дерева по пню, вращающему органу (в случае, если он не убирается) на первом этапе, Н·с;  $S_{R_2}$  - импульс силы сопротивления перемещения комля дерева по пню, срезающему органу на втором этапе, Н·с.

Применив теорему об изменении количества движения системы "боек - дерево" относительно плоскости срезания, получим, что момент количества движения относительно плоскости срезания в течение всего процесса удара равен

$$-M \dot{x} N_{ц.т} + I_c \varphi = 0, \quad (5)$$

где  $N_{ц.т}$  - расстояние от плоскости срезания до центра тяжести дерева, м;  $I_c$  - момент инерции дерева относительно центра тяжести, кг·м<sup>2</sup>;  $\varphi$  - угловая скорость дерева после удара, рад/с.

Из соотношений (1) - (5) определим неизвестные  $v_0, S_1, v_{oc}, \dot{x}, \dot{\varphi}$  (импульсы сил  $S_{R_1}$  и  $S_{R_2}$  считаем известными, они определяются опытным путем).

Вначале определим скорость движения комля дерева после первого этапа

$$V_o = \dot{x}_o + H_{ц.т} \dot{\psi}_o, \quad (6)$$

где  $\dot{\psi}_o$  - угловая скорость дерева после первого этапа удара, рад/с. Используя уравнения (1), (2) и (6) получим

$$v_o = \frac{S_1 - S_{R_1}}{M} \cdot \frac{I_k}{I_c}, \quad (7)$$

где  $I$  - момент инерции дерева относительно комля, кг.м<sup>2</sup>. Из (7) следует, что

$$S_1 = \frac{m}{m+M} \left( M \cdot v + S_{R_1} \cdot \frac{I_k}{I_c} \right). \quad (8)$$

Из уравнений (1), (2) и (7) определим остаточную скорость бойка после удара о комель дерева

$$v_{oc} = \frac{1}{m+M} \left[ (m - kM) v - (1+k) S_{R_1} \frac{I_k}{I_c} \right]. \quad (9)$$

Для определения скорости центра тяжести дерева после удара сложим уравнения (2) и (4) и после преобразования получим

$$\dot{x} = \frac{(1+k)m}{(m+M)M} \left( Mv + S_{R_1} \frac{I_k}{I_c} \right) - \frac{S_k}{M}, \quad (10)$$

где  $S_k$  - полный импульс сопротивления перемещения комля дерева по пню или срезающему органу, Н·с,

$$S_R = S_{R_1} + S_{R_2}. \quad (11)$$

Из уравнений (5) и (10) определим угловую скорость дерева после удара бойка сталкивающего устройства о комель

$$\dot{\psi} = \frac{(1+k)mH_{ц.т}}{m+M} \left( Mv + S_{R_1} \frac{I_k}{I_c} \right) - \frac{H_{ц.т} S_R}{I_c}. \quad (12)$$

Для определения рабочих параметров сталкивающихся устройств ударно-импульсного действия массы  $m$  и скорости  $v$  бойка (для случая  $M \gg m$ ) используем уравнения, приведенные выше, и условие, которому должен удовлетворять ударный импульс бойка [2]

$$S_p > S_R + \varphi_0 \frac{I_c}{H_{ц.т}} \sqrt{\frac{2h_{II}}{g}}, \quad (13)$$

где  $S_p$  - полный ударный импульс силы бойка за время удара,  $H \cdot c$ ;

$$S_p = S_1 + S_2 \quad (14)$$

или

$$S_p = (1 + \kappa) S_1, \quad (15)$$

или

$$S_p = (1 + \kappa)mv. \quad (16)$$

Из (13) и (16) следует, что должно соблюдаться условие

$$mv > \frac{1}{1+\kappa} \left( \varphi_0 \frac{I_c}{H_{ц.т}} \sqrt{\frac{2h_{II}}{g}} + S_R \right). \quad (17)$$

Условие (17) накладывает ограничение только на произведение  $m \cdot v$ , оставляя неопределенными  $m$  и  $v$ . Поэтому рассмотрим уравнение баланса энергии при ударе

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{M \cdot \dot{x}^2}{2} + \frac{I_c \cdot \dot{\varphi}^2}{2} + \frac{m \cdot v_{oc}^2}{2} + W, \quad (18)$$

где  $W$  - потери энергии при ударе, Дж.

Из (18) и (13) получим

$$mv > \sqrt{\frac{2m \cdot W}{1 - \kappa^2}} \cdot \frac{1}{1+\kappa} \left( \varphi_0 \frac{I_c}{H_{ц.т}} \sqrt{\frac{2h_{II}}{g}} + S_R \right). \quad (19)$$

Из последнего неравенства находим условия, которым должны удовлетворять масса  $m$  и скорость  $v$  бойка сталкивающего устройства

$$m > \frac{1-\kappa}{2W(1-\kappa)} \left( \varphi_0 \frac{I_c}{H_{ц.т}} \sqrt{\frac{2h_{II}}{g}} + S_R \right)^2; \quad (20)$$

$$v > \frac{1}{m(1+\kappa)} \left( \varphi_0 \frac{I_c}{H_{ц.т}} \sqrt{\frac{2h_{II}}{g}} + S_R \right). \quad (21)$$

Формулы (20) и (21) справедливы для случая  $M \gg m$ , что подтверждается экспериментальными исследованиями и отвечает практическим требованиям.

В случае, если боек сталкивающего устройства проектируется применять массой, соизмеримой с массой дерева, параметры  $m$  и  $v$  можно рассчитать следующим образом. Исходя, как и в первом случае, из условия (17) и используя (15) и (8), получим

$$mv = \frac{(1-\kappa)m}{m+M} \left( Mv + S_{R_1} \frac{I_c}{I_c} \right). \quad (22)$$

Подставив (22) в (17), получим следующее неравенство:

$$\frac{(1+\kappa)m}{m+M} \left( Mv + S_{R_1} \frac{I_c}{I_c} \right) > \varphi_0 \frac{I_c}{H_{ц.т}} \sqrt{\frac{2h_{II}}{g}} + S_R. \quad (23)$$

Затем, используя также выражение баланса энергии при ударе бойка о комель дерева и подставляя уравнения (9), (10), (12) в уравнение (18) получим

$$\begin{aligned} \frac{mv^2}{2} &= \frac{I_c}{2MI_c} \left[ \frac{(1+\kappa)m}{m+M} \left( mv + S_{R_1} \frac{I_c}{I_c} \right) - S_R \right] + \\ &+ \frac{m}{2(m+M)^2} \left[ (m - \kappa M)v - (1+\kappa) S_{R_1} \frac{I_c}{I_c} \right]^2 + W. \end{aligned} \quad (24)$$

Формулы (23) и (24) представляют систему одного неравенства и одного уравнения для неизвестных параметров бойка сталкивающего устройства. Решив эти уравнения, можно получить искомые неравенства для определения  $m$  и  $v$  для случая  $m = M$ . Решение данной системы в общем виде гра-



моздко, поэтому в работе не приводится. Для любого конкретного случая решение такой системы относительно  $m$  и  $v$  не представляет трудности.

### Л и т е р а т у р а

1. Кочегаров В.Г. Теоретические основы применения широкозахватных валочно-пакетирующих машин с непрерывным рабочим процессом. – В сб.: Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса. Л., 1975, вып.4. 2. Сабов В.В. К вопросу направленной валки деревьев под действием ударно-импульсных сил. – В сб.: Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса. Л., 1977, вып.6.

УДК 630.377.4

Е.Н.Руденок, Н.Ф.Яковлев

### К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ВЕСА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Большое значение при создании лесозаготовительной техники имеет снижение ее веса. Уменьшить вес лесозаготовительной машины без нанесения ущерба ее прочности можно применением качественных сталей, более рациональных конфигураций деталей, использования упрочняющей технологии и создания равнопрочных всех ее элементов. Наиболее эффективным способом снижения веса машин, при прочих равных условиях, является создание равнопрочных ее деталей. Однако последнее возможно только при отработке опытного образца конструкции, при доведении каждой его детали до предельного состояния прочности при максимальном нагружении машины в процессе эксплуатации. Одним из методов контроля фиксации этого состояния может служить изменение температуры материала при его статической деформации.

Энергия – это способность тел производить работу. Если напряжение в теле не превышало предел упругости материала, то при всяком изменении формы упругого тела (растяжении, сжатии, кручении и т.д.) деформации характеризуются обратимостью, затрачиваемой на них энергии, т.е. характеризуются возможностью восстановления этой энергии. Однако иная картина наблюдается при превышении напряжения предела упругости материала. В этом случае в материале возникают остаточные деформации. Затраченная на получение остаточной де-