

вым, Е. Д. Лурье, В. А. Щербаковым, показали, что срок службы уплотнений значительно повышается, к тому же изготовленные из полимерного материала типа чехол-манжета выполняют одновременно и функцию рабочей поверхности поршня. При рабочих давлениях свыше 150 кгс/см^2 в конструкцию уплотнения необходимо вводить расширители

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Власов В. З. Общая теория оболочек и ее применение в технике. М., Гостехиздат, 1949. [2]. Гавриленко Б. А. и др. Гидравлический привод. М., «Машиностроение», 1968. [3]. Жулев Ю. К., Тябликов Ю. Е. Долговечность уплотнений в гидроцилиндрах. — «Вестник машиностроения», 1966, № 11. [4]. Лурье Л. И. Статика тонкостенных упругих оболочек. М., Гостехиздат, 1947. [5]. Пономарев К. К. Деформация упругих цилиндрических оболочек. М., ВЗИПП, 1958. [6]. Эрнст В. Гидропривод и его промышленное применение. М., «Машиностроение», 1963.

Поступила 14 февраля 1977 г.

УДК 531.1 : 634.0.323.1

АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВАЛОЧНО- ПАКЕТИРУЮЩАЯ МАШИНА — ДЕРЕВО

А. В. ЖУКОВ

Белорусский технологический институт

Рассмотрен общий случай валки деревьев на систему с любым числом упругих опор. С помощью полученных аналитических выражений проанализировано влияние параметров системы на вертикальные скорости упругих опор.

Процесс пакетирования деревьев обычно разделяют на два этапа [3]. При гравитационном формировании пачки понятие этапов следует несколько расширить.

Первый этап — столкновение дерева в заданном направлении за счет постепенного приложения нагрузки или ударно-импульсным способом, характерным для машин как дискретного, так и непрерывного действия. В начале первого этапа [2] появляется возмущение, являющееся следствием срабатывания механизма направленной валки.

Второй этап — удар о первую приемную балку — включает послеударные свободные колебания системы, которые являются следствием процесса пакетирования и могут оказать существенное влияние на динамику системы.

Принципиально возможно применение ВПМ с числом опор более двух. Поэтому рассмотрим случай валки дерева из вертикального положения на систему, имеющую $n + 1$ приемных устройств.

Считаем, что опорные балки $1 \dots n$ установлены на машине. Последний удар дерева осуществляется о $(n + 1)$ -ю опору (прицеп) или кроной о землю. Для соударений до n -го включительно соблюдается условие [1] (рис. 1).

$$l_{x(n+1)n} < \frac{I_c + m_d l_x^2 (n-1)n}{m_d l_x (n-1)n}, \quad (1)$$

т. е. к моменту удара о последующую опору дерево отрывается от предыдущей.

При определении кинематических характеристик пренебрегаем действием механизма направленного повала и поступательным движением системы, а также влиянием кроны.

На подрессорные приемные балки машины, помимо ударных, действуют также импульсы упругих сил пружин. Но поскольку период колебаний приемной балки значительно больше времени удара τ , в соответствии с исследованиями [1, 3], импульс упругих сил за время удара считаем незначительным по сравнению с ударным. Предполагая, что удар неупругий и что при мгновенном соударении дерева и балки количество движения системы не изменяется для соударений дерева с приемным устройством базовой машины (от 1-го до n -го), запишем

$$\left. \begin{aligned} m_d (V'_{c1} - V_{c1}) &= -S_1; \\ I_c (\omega_{11} - \omega_{01}) &= l_{x11} S_1; \\ M_{\delta 1} V_1 &= S_1 \sin \beta_1; \\ &\dots \dots \dots \\ m_d (V'_{cn} - V_{cn}) &= -S_n; \\ I_c (\omega_{1n} - \omega_{0n}) &= l_{xnn} S_n; \\ M_{\delta n} V_n &= S_n \sin \beta_n \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где

- m_d, I_c — масса и центральный момент инерции дерева;
- $V_{c1} \dots V_{cn}$ — линейные скорости центра масс дерева до удара по опоре 1... n ;
- $V'_{c1} \dots V'_{cn}$ — линейные скорости центра масс дерева после удара по опоре 1... n ;
- $\omega_{01} \dots \omega_{0n}$ — угловые скорости дерева при ударе по опоре 1... n ;
- $\omega_{11} \dots \omega_{1n}$ — угловые скорости дерева после удара по опоре 1... n ;
- $V_1 \dots V_n$ — скорости вертикальных перемещений опор 1... n при ударах;
- $S_1 \dots S_n$ — ударные импульсы на опорах 1... n ;
- $l_{x11} \dots l_{xnn}$ — расстояния от опоры 1... n до центра тяжести дерева;
- $\beta_1 \dots \beta_n$ — углы между вертикалью и осью дерева в момент встречи его с опорами 1... n ;
- $M_{\delta 1} \dots M_{\delta n}$ — массы балок 1... n .

Рассматривая n -е соударение дерева, можно записать

$$V_{cn} = \omega_{0n} l_{x(n-1)n}; \quad V'_{cn} = V_{n(u)} + \omega_{1n} l_{xnn}, \quad (3)$$

здесь $V_{n(u)} = \frac{1}{\sin \beta_n} V_n$ — проекция вертикальной скорости на ось u ;

$l_{x(n-1)n}$ — расстояние от опоры $n-1$ до центра тяжести дерева.

Сложив после некоторых преобразований первые два уравнения системы (2), для n -го соударения, с учетом соотношений (3), получим

$$m_d \left(\frac{V_n}{\sin \beta_n} + \omega_{1n} l_{xnn} - \omega_{0n} l_{x(n-1)n} \right) + \frac{I_c}{l_{xnn}} (\omega_{1n} - \omega_{0n}) = 0. \quad (4)$$

Аналогичным образом из первого и третьего уравнений

$$m_d \left(\frac{V_n}{\sin \beta_n} + \omega_{1n} l_{xnn} - \omega_{0n} l_{x(n-1)n} \right) + \frac{M_{\delta n}}{\sin \beta_n} V_n = 0. \quad (5)$$

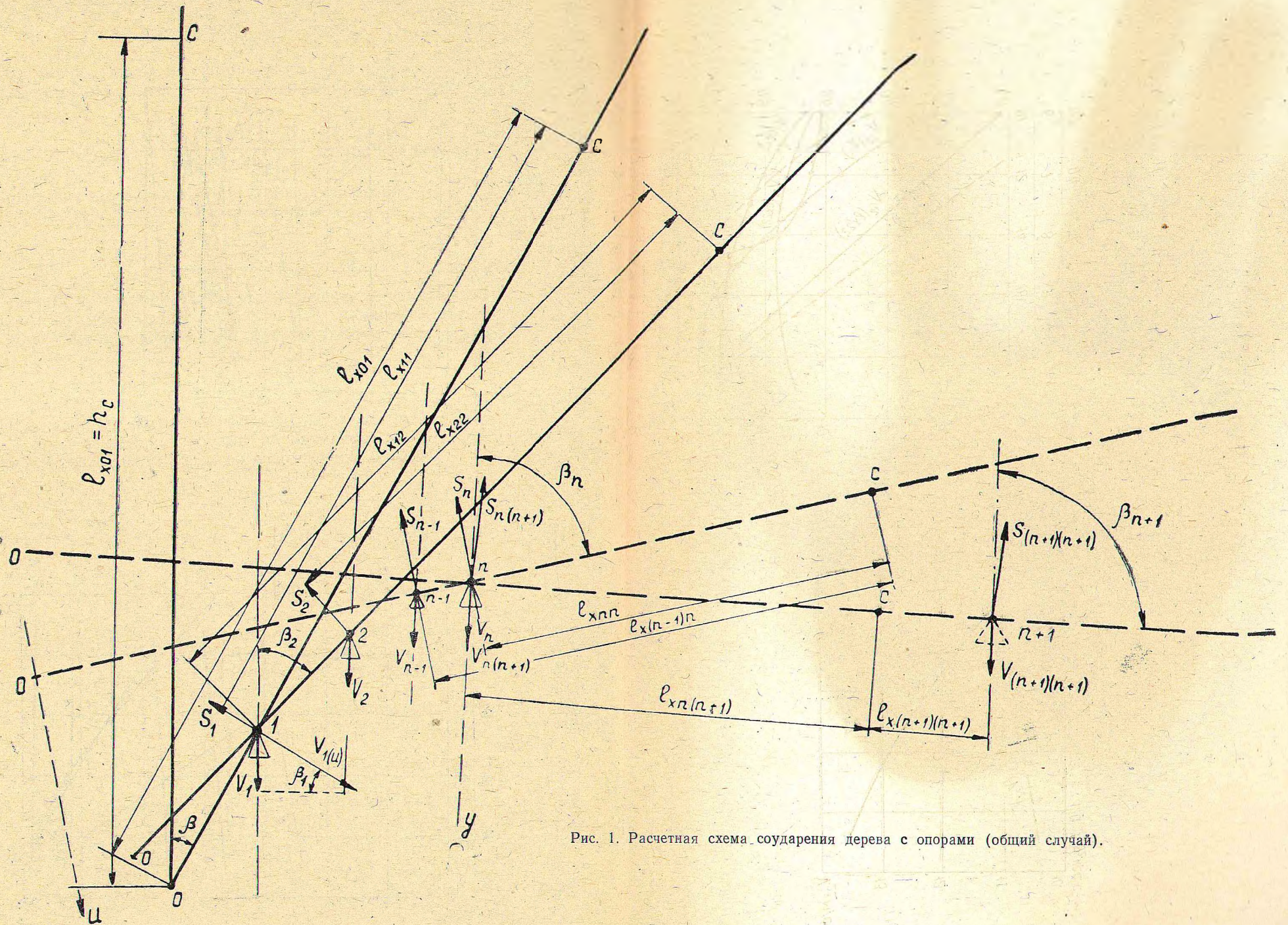


Рис. 1. Расчетная схема соударения дерева с опорами (общий случай).

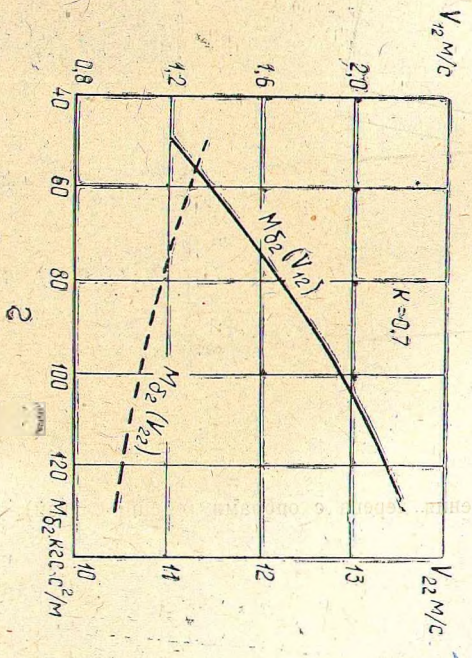
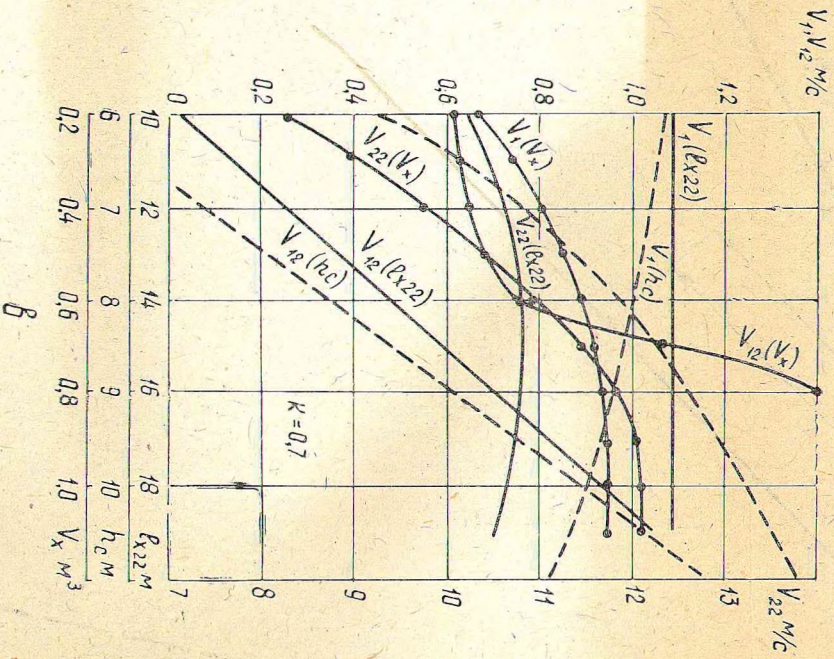
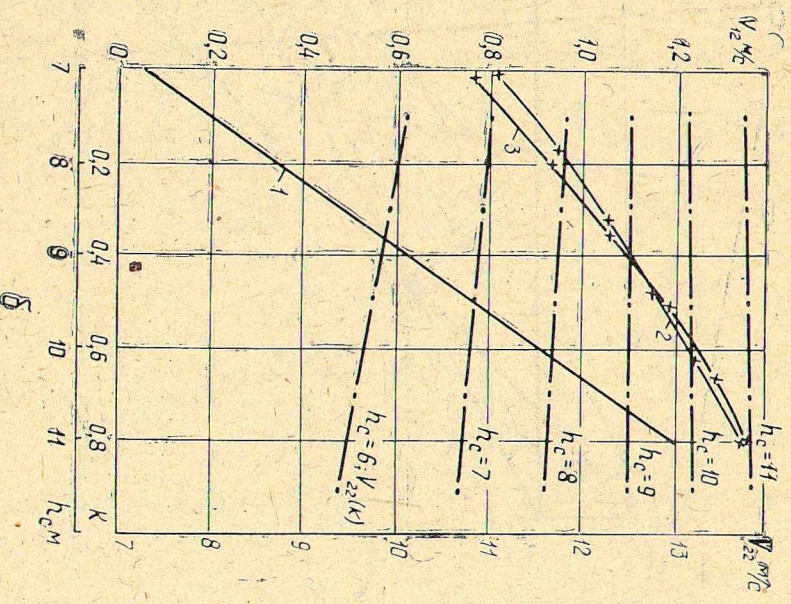
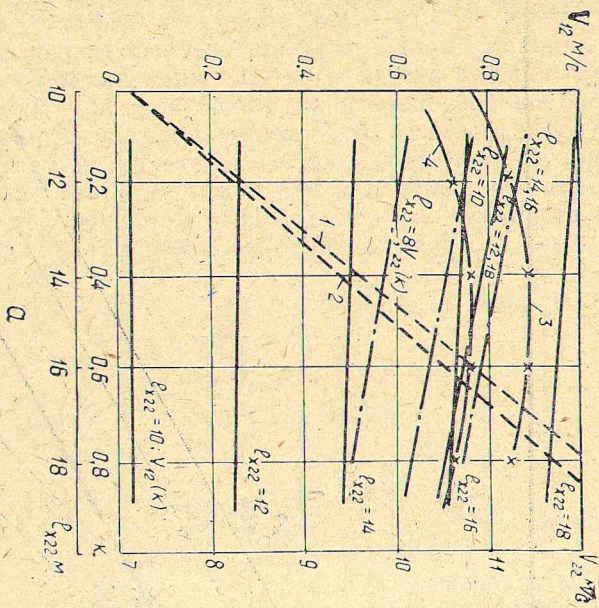


Рис. 2. Зависимость скоростей V_1 , V_{12} и V_{22} от коэффициента K и параметров систем.

$1 - V_{12} = b(K)$; $V_{22} = b(K)$; $1 - V_{12} = b(I, X_{22})$, $K = 0,1$; $2 - V_{12} = b(I, X_{22})$, $K = 0,7$; $3 - V_{22} = b(I, X_{22})$, $K = 0,1$; $4 - V_{22} = b(I, X_{22})$, $K = 0,7$; $5 - V_{22} = b(K)$; $V_{12} = b(h_c)$; $V_{22} = b(h_c)$; $1 - V_{12} = b(h_c)$, $K = 0,7$; $2 - V_{22} = b(h_c)$, $K = 0,1$; $3 - V_{22} = b(h_c)$, $K = 0,7$.

Из уравнений (4) и (5) имеем

$$V_n = \frac{I_c(\omega_{1n} - \omega_{0n})}{M_{6n}l_{xnn}} \sin \beta_n. \quad (6)$$

Выразив V_n также из уравнения (5) и приравняв его (6), получим формулу для определения угловой скорости дерева после удара по опоре n

$$\omega_{1n} = \frac{I_c m_d + m_d M_{6n} l_{x(n-1)n} l_{xnn} + I_c M_{6n}}{I_c m_d + m_d M_{6n} l_{xnn}^2 + I_c M_{6n}} \omega_{0n}. \quad (7)$$

Подставив выражение (7) в (6), получим формулу для скорости перемещения n -й приемной балки машины

$$V_n = \frac{I_c m_d (l_{x(n-1)n} - l_{xnn}) \sin \beta_n}{I_c m_d + m_d M_{6n} l_{xnn}^2 + I_c M_{6n}} \omega_{0n}. \quad (8)$$

Считаем, что на последнем этапе падения дерево, вращаясь вокруг n -й опоры, соударяется с опорой $n+1$. В данном случае, в соответствии с общей постановкой задачи, должно соблюдаться условие

$$l_{x(n+1)n} + l_{x(n+1)(n+1)} \geq \frac{I_c + m_d l_{x(n+1)n}^2}{m_d l_{x(n+1)n}}. \quad (9)$$

Тогда ударная нагрузка распределяется между обеими опорами n и $n+1$ и на основании теоремы об изменении количества и момента количества движения системы за время удара запишем

$$\left. \begin{aligned} m_d (V_{c(n+1)} - V_{c(n+1)}) &= -S_{n(n+1)} - S_{(n+1)(n+1)}; \\ I_c (\omega_{1(n+1)} - \omega_{0(n+1)}) &= l_{xn(n+1)} S_{n(n+1)} - l_{x(n+1)(n+1)} S_{(n+1)(n+1)}; \\ M_{6n} V_{n(n+1)} &= S_{n(n+1)} \sin \beta_{n+1}; \\ M_{6(n+1)} V_{(n+1)(n+1)} &= S_{(n+1)(n+1)} \sin \beta_{n+1}, \end{aligned} \right\} (10)$$

где $V_{c(n+1)}$, $V'_{c(n+1)}$ — линейные скорости центра масс дерева до и после удара по опоре $n+1$;

$\omega_{0(n+1)}$, $\omega_{1(n+1)}$ — угловые скорости дерева до и после удара по опоре $n+1$;

$V_{(n+1)n}$, $V_{(n+1)(n+1)}$ — скорости вертикальных перемещений опор n и $n+1$ при соударении дерева с опорой $n+1$;

$S_{n(n+1)}$, $S_{(n+1)(n+1)}$ — импульсы ударных сил на опорах n и $n+1$ при соударении дерева с опорой $n+1$;

β_{n+1} — угол между вертикалью и осью ствола дерева в момент встречи его с опорой $n+1$.

Скорости $V_{c(n+1)}$ и $V'_{c(n+1)}$ можно выразить следующим образом:

$$V_{c(n+1)} = l_{xnn} \omega_{0(n+1)}; \quad V'_{c(n+1)} = V_{n(n+1)(u)} + \omega_{1(n+1)} l_{xn(n+1)}, \quad (11)$$

$$\text{где} \quad V_{n(n+1)(u)} = \frac{V_{n(n+1)}}{\sin \beta_{n+1}}.$$

Учитывая формулы (11) и выполнив преобразования, аналогичные преобразованиям системы уравнений (2), получим систему из двух

уравнений, содержащих неизвестные скорости перемещения балок n и $n + 1$,

$$\left. \begin{aligned} \frac{A}{\sin \beta_{n+1}} V_{n(n+1)} + \frac{B}{\sin \beta_{n+1}} V_{(n+1)(n+1)} - m_d l_{xnn} \omega_{0(n+1)} &= 0; \\ \frac{C}{\sin \beta_{n+1}} V_{n(n+1)} - \frac{D}{\sin \beta_{n+1}} V_{(n+1)(n+1)} + I_c \omega_{0(n+1)} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A &= M_{6n} + m_d - m_d \frac{l_{xn(n+1)}}{l_{xn(n+1)} + l_{x(n+1)(n+1)}}; \\ B &= M_{6(n+1)} + m_d \frac{l_{xn(n+1)}}{l_{xn(n+1)} + l_{x(n+1)(n+1)}}; \\ C &= \frac{I_c}{l_{xn(n+1)} + l_{x(n+1)(n+1)}} + M_{6n} l_{xn(n+1)}; \\ D &= \frac{I_c}{l_{x(n+1)} + l_{x(n+1)(n+1)}} + M_{6(n+1)} l_{x(n+1)(n+1)}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Из уравнений (12) имеем

$$V_{n(n+1)} = \frac{(Dm_d l_{xnn} - BI_c) \omega_{0(n+1)}}{CB + AD} \sin \beta_{n+1}; \quad (14)$$

$$V_{(n+1)(n+1)} = \frac{1}{B} (m_d l_{xnn} \omega_{0(n+1)} \sin \beta_{n+1} - AV_{n(n+1)}). \quad (15)$$

Формулы (7), (8) и (14), (15) позволяют определить скорости при любом конкретном числе приемных опор.

Из приведенных общих формул видно, что указанные скорости зависят от массы приемных балок, параметров дерева, характеристик взаимного расположения дерева и приемных устройств и т. д.

Конкретный анализ указанных параметров на начальные скорости перемещений приемных устройств был проведен на примере системы с двумя балками.

Расчеты производились с помощью ЭВМ «Мир-2» при следующих исходных параметрах системы: $I_c = 14\,000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $m_d = 408$; $M_{61} = 50$; $M_{62} = 50 \text{ кг}$; $h_c = 11$; $h_0 = 1,7$; $a = 2,5$; $l_{x12} = 8 \text{ м}$.

На рис. 2 приведены зависимости для V_1 , V_{12} , V_{22} от параметров системы l_{x22} , h_c , M_{62} , V_x , а также от коэффициента K , равного отношению $\frac{h_0}{a}$, что позволяет исследовать в широких пределах влияние взаиморасположения первой опоры и дерева.

Из рис. 2, а видно, что влияние расстояния l_{x22} на скорость V_{12} значительно, однако до $l_{x22} = 16 \text{ м}$ V_{12} почти не зависит от K , при $l_{x22} > 16 \text{ м}$ скорость V_{12} при увеличении K снижается.

При увеличении этого расстояния скорость V_{22} возрастает, однако это возрастание замедляется с увеличением l_{x22} . Кривые 3 и 4 показывают, что при $l_{x22} > 16 \text{ м}$ V_{22} начинает снижаться. При увеличении коэффициента K скорость V_{22} уменьшается.

Приведенные на рис. 2, б—г зависимости дают возможность установить влияние высоты центра тяжести дерева V_x , массы приемных балок M_{61} и M_{62} , объема дерева и других параметров на скорости первой и второй опор при первом и втором ударе. Из рис. 2, г видно, например, что при увеличении массы M_{62} скорость V_{12} увеличивается, а

скорость V_{22} уменьшается. Кривые рис. 2, в указывают, что увеличение объема дерева приводит к возрастанию скоростей как V_1 , так V_{12} и V_{22} . Однако это увеличение неодинаково. Скорость V_1 равномерно возрастает до $V_x = 0,6 \text{ м}^3$, а затем это возрастание замедляется и при объеме дерева более $1,0 \text{ м}^3$ скорость V_1 становится практически неизменной. Интенсивное увеличение скорости V_{22} начинается при объеме дерева более $0,6 \text{ м}^3$.

Анализ большого объема информации, полученной при расчете на ЭЦВМ, позволил установить, что существенное снижение скоростей возможно за счет таких параметров системы, как массы приемных баков, расстояния l_{x12} и l_{x22} , а также путем выбора рационального соотношения размеров h_6 и a , т. е. коэффициента K .

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дебердеев А. А. Определение ударных нагрузок с учетом отдачи машины и прицепа при падении деревьев на транспортные средства. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1960, № 6. [2]. Кастрюлин А. А. Исследование некоторых вопросов направленного повала деревьев ударно-импульсным способом при срезании их напроход и гравитационном методе пакетирования. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. Л., 1974. [3]. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. Гослесбуиздат, 1963.

Поступила 1 ноября 1976 г.