

формулам (12) и (13) [1]) расчетов. На каждой из приведенных диаграмм по горизонтали изменяется скорость транспортера, по вертикали — длина бревна. Расположение этих областей дает наглядное представление о том, при каких параметрах системы допустимо пользоваться приближенной теорией несвободного падения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Андронов В. В., Пилютник А. Г., Сычев В. Д. Исследование движения бревна, сбрасываемого с роликового транспортера. — ИВУЗ, «Лесной журнал», 1974, № 4. [2]. Хемминг Р. В. Численные методы. М., «Наука», 1972.

Поступила 2 декабря 1974 г.

Э ДК 620.178.7 : 634.0.323

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УДАРНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ПАДЕНИИ ДЕРЕВЬЕВ

А. В. ЖУКОВ, К. Б. АБРАМОВИЧ, А. И. СМЕЯН, В. К. ХЕГАЙ

Белорусский технологический институт

Рассмотрены ударные нагрузки при падении деревьев. Исследованы величины и характер изменения динамических нагрузок. Ударные усилия измерены экспериментальным путем на специальном стенде. Получен ряд рекомендаций, которые влияют на величину указанных нагрузок, а также пути их снижения.

При проектировании машин, воспринимающих удар падающего дерева, необходимо знать ударные нагрузки, возникающие в приемных устройствах.

Теоретические разработки, выполненные в ЛТА [1—3], позволяют расчетным путем найти ударные силы для широкого класса систем, принимающих падающее дерево, однако ряд вопросов требует дальнейшего уточнения и развития.

С этой целью нами замерены ударные нагрузки, возникающие при повале деревьев на приемные балки. Приемное устройство включало опорную плиту, направляющие стойки и жесткую балку, свободно перемещающуюся по направляющим стойкам (рис. 1, б и г). Между подвижной балкой и плитой устанавливали 1—4 пружины. Жесткость одной пружины 32 кгс/см, высота опорной балки 0,8 м, ширина по крайним опорам 1,09 м.

При исследованиях использовали также второй вариант приемного устройства: подвижную балку заклинивали жесткими упорами, а на ее верхних выступах как на жестких опорах размещали упругую балку, которая воспринимала удар падающего дерева. Жесткость опор варьировали или изменением числа пружин, или установкой упругих балок разного сечения.

Для определения ударных усилий измеряли деформации упругих элементов приемного устройства с помощью реохордных датчиков перемещений. Установка их показана на рис. 1, б, в, г. Перемещения регистрировали комплектом аппаратуры (рис. 1, а), в которую входил осциллограф К-12-21, а время — электроконтактными часами МЧ-62. С помощью датчиков СПЭД-56 в отдельных опытах записывали последующие колебания ствола дерева. Рехордные датчики, электроконтактные часы и осциллографы питались от аккумуляторных батарей.

Вес всего дерева, а также той его части, которая приходилась на приемную балку в статическом состоянии после удара, определяли с помощью динамометра ДП-4. По результатам взвешивания находили центр тяжести.

Падение деревьев на опору производили как из вертикального их положения, так и из наклонного (рис. 1, г).

В опытах варьировали породы деревьев, их вес, расстояние до опоры, угол наклона ствола, жесткость приемных устройств. Повторность опытов 8—10-кратная.

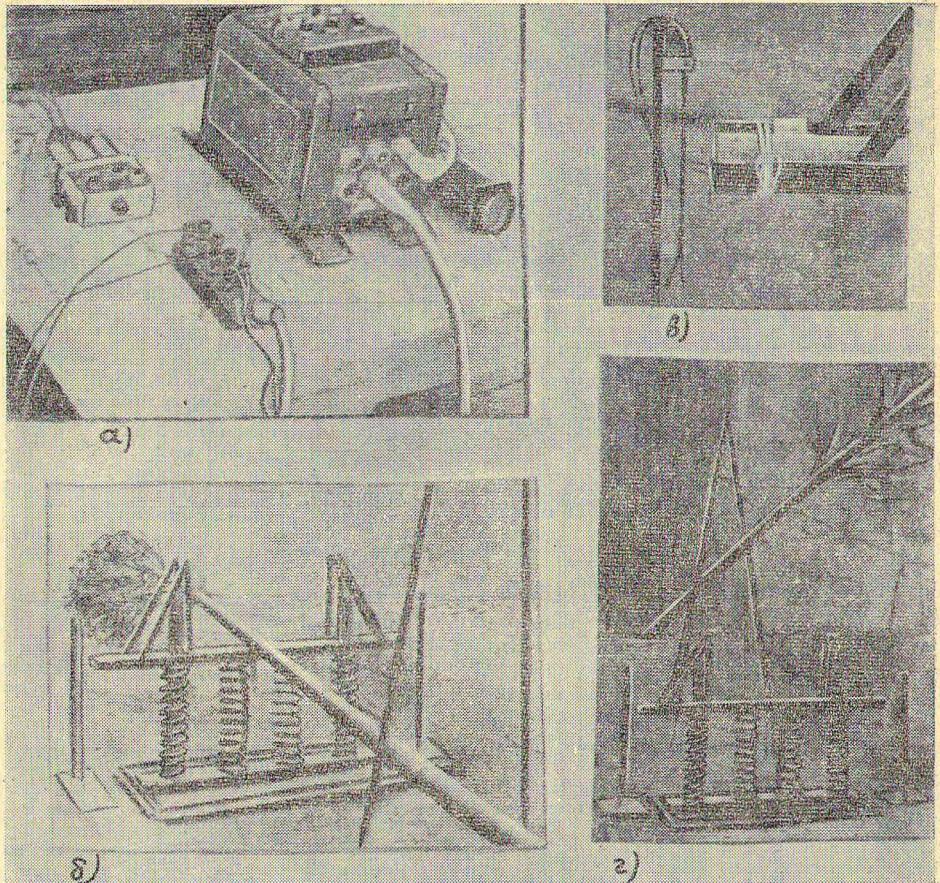


Рис. 1. Измерительный стенд.

*a* — регистрирующая аппаратура; *b* — приемное устройство пружинного типа; *c* — установка датчика перемещений; *d* — проведение опыта при падении дерева из наклонного положения.

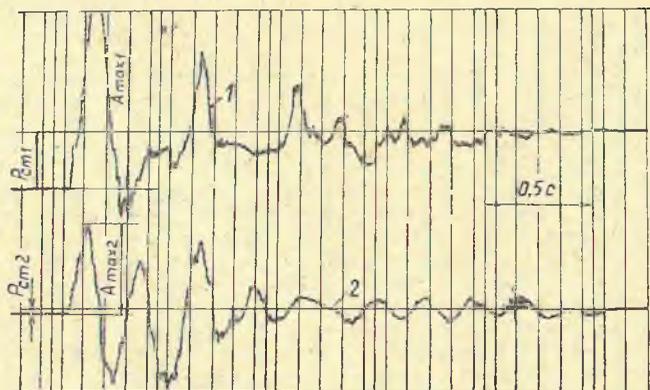


Рис. 2. Осциллограмма перемещений подгрузиненной балки при ударе дерева.

1 — датчик I (правая сторона); 2 — датчик II (левая сторона).

На рис. 2 приведена осциллограмма перемещений концов подпружиненной балки при падении на нее сосны диаметром на высоте груди  $d_{1,3} = 24$  см, весом  $G = 295$  кгс. При обработке осциллограмм измеряли максимальные динамические  $A_{max 1}$  и  $A_{max 2}$ , а также статические —  $P_{ст1}$  и  $P_{ст2}$  перемещения. Затем определяли средние значения данных величин, а также максимальные динамические  $A_{g max}$  и статические  $P_{ст}$  усилия. В качестве важного оценочного критерия определяли коэффициент динамичности  $K_d$ , равный отношению  $\frac{A_{g max}}{P_{ст}}$

Образец осциллограммы, приведенной на рис. 2, показывает, что усилия в упругих элементах приемного устройства носят характер ярко выраженных затухающих колебаний.

Для оценки послеударных колебаний системы вычисляли логарифмический декремент затухания  $n$  и основную частоту  $\omega$  свободных колебаний (рис. 2) по формулам

$$n = \frac{\ln \frac{z_1}{z_{i+1}}}{T};$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

где  $z_1$  и  $z_{i+1}$  — предыдущая и последующая ординаты максимумов кривой процесса, отстоящие друг от друга по времени на величину одного полного периода свободных затухающих колебаний;

$T$  — период свободных колебаний.

Логарифмический декремент затухания изменяется в широких пределах и для деревьев, параметры которых приведены в табл. 1, имеет значения от 0,58 до 5,33.

Таблица 1

Порода	Диаметр на высоте груди $d_{1,3}$ , см	Длина дерева $L$ , м	Высота центра тяжести $h_c$ , м	Вес дерева $G$ , кгс	Вес кроны $G_{кр}$ , кгс	Длина кроны $l_{кр}$ , м
Береза	17	18,18	5,23	238	48	6,0
Сосна	15	15,19	5,82	125	30	3,7
Сосна	24	13,85	5,70	295	40	6,0
Ель	16	17,72	6,56	234	48	8,3
Ель	17	16,07	6,32	245	55	8,0

Исследования показали, что интенсивность затухания колебаний системы зависит от жесткости упругих элементов приемного устройства, жесткости ствола дерева, расстояния от дерева до приемной балки и некоторых других параметров. Одним из основных показателей, влияющих на интенсивность затухания колебаний, является трение в элементах приемного устройства, однако опыты по варьированию этого параметра нами не производились.

Частоты собственных послеударных колебаний системы зависят от массы дерева и жесткости ствола дерева и пружин или упругой балки. Пределы изменения частот  $\omega$  весьма широки. Например, для сосны диаметром  $d_{1,3} = 15$  см, длиной  $L = 15,19$  м, при расстоянии от дерева до балки  $a = 10,55$  м частота  $\omega$  составляет 24,15—26,16 1/с, а для сосны с  $d_{1,3} = 24$  см и при том же расстоянии  $a$  и жесткости пружин приемной балки пределы изменения собственной основной частоты колебаний составили 30—35 1/с.

На характер колебаний системы существенно влияют параметры кроны, прежде всего ее вес в сочетании с длиной консольной части ствола. Опытами установлено, что для деревьев с кроной частота свободных колебаний системы в 1,3—1,5 раза меньше, чем для хлыстов. Это различие возрастает с увеличением консольной вершинной части ствола и становится менее заметным с ее уменьшением. При размещении точки соприкосновения ствола с приемной балкой на расстоянии 1,3—1,7 м различия в частотах не наблюдалось.

Исследования показали, что колебания балки на пружинах или упругой приемной балки существенно зависят не только от веса кроны, ее типа и протяженности, но и от жесткости и массы ствола дерева. Эти параметры влияют также на величину и продолжительность максимальных ударных нагрузок. Конечно, данное влияние в большей мере определяется соотношением форм собственных колебаний дерева и приемного устройства. Характерно, что в некоторых случаях наложение указанных колебаний друг на друга может оказаться неблагоприятным и увеличит динамическую нагруженность системы.

Максимальные ударные усилия, возникающие при падении деревьев, могут быть весьма значительными. Так, даже для небольшого дерева весом всего 125 кгс (сосна  $d_{1,3} = 15$  см, с кроной) при падении его из наклонного состояния под углом  $33^\circ$  к поверхности земли, сила  $A_{g \max}$  достигала 475 кгс. Правда, диапазон изменения силы  $A_{g \max}$  весьма велик и зависит от соотношения параметров системы. Для деревьев, характеристика которых приведена в табл. 1, значения коэффициента динамичности изменялись от 6,25 до 10,5 и даже до 12,0 при особо неблагоприятных случаях.

Заметное снижение ударных усилий наблюдается при уменьшении жесткости приемного устройства. При установке под приемной балкой двух пружин вместо четырех максимальное ударное усилие снижалось на 10—15%. Некоторое снижение динамической нагруженности происходило также и в случае, если дерево имело длинный и гибкий ствол.

На величину максимальных ударных усилий существенно влияет высота падения дерева. При повале дерева из наклонного исходного положения с увеличением высоты его центра тяжести ударные усилия возрастают, сначала интенсивно, а затем их рост постепенно замедляется (рис. 3).

Проведенные исследования показали, что возникающие при повале деревьев ударные усилия могут достигать больших значений. Однако, несмотря на большую динамическую нагруженность приемных устройств, при оптимальном соотношении параметров приемного устройства и дерева возможно существенное снижение ударных усилий. Важное значение имеют показатели упругости приемной балки, изгибная жесткость ствола, тип и вес кроны, расстояние приемного устройства относительно дерева. Большинство сделанных выводов отвечает результатам исследований других авторов [2] и [3].

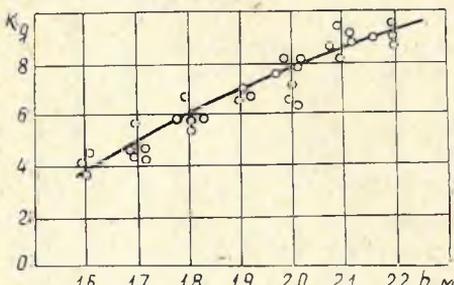


Рис. 3. Зависимость коэффициента динамичности ударных усилий от высоты центра тяжести дерева в исходном перед падением положении.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Белозеров Е. Я., Гольдберг А. М., Орлов С. Ф. Исследование процесса повала деревьев на две опоры. — «Лесная промышленность», 1960, № 2. [2]. Дебердеев А. А. Некоторые вопросы динамики повала дерева. — Труды ЛТА, 1959, № 83. [3]. Орлов С. Ф. Теория и применение агрегатных машин на лесозаготовках. М., Гослесбумиздат, 1963.

Поступила 10 июля 1974 г.

УДК 634.0.378.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПЛАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСОЗАДЕРЖИВАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Г. И. ШАРАЕВ, В. Н. ХУДОНОВ

Сибирский технологический институт

Приводится метод расчета наплавных конструкций лесозадерживающего сооружения для обеспечения их устойчивого горизонтального положения. Метод расчета основывается на использовании метацентрической формулы остойчивости при неравнообъемном наклонении плавающего тела.

1. Наплавная опорная плитка поперечной запани, наплавная опорная плитка поперечной части продольной запани и поплавок секции продольной запани обычно крепятся гибкой связью в нескольких местах, находящихся на одной горизонтальной линии, параллельной продольной, или поперечной осям конструктивных элементов. Места крепления находятся вблизи напорных граней этих элементов. Следовательно, наклонение наплавных конструкций всегда неравнообъемное и происходит либо в их продольной, либо в поперечной плоскостях. Расчет наплавных конструктивных элементов сводится к определению таких их размеров, при которых должно быть соблюдено условие устойчивости:

$$\frac{M_3}{M_1 + M_2} = \frac{Gi}{ql_p h' + Wk} \geq \eta, \quad (1)$$

где  $M_1$  — момент от действия внешней силы  $Q$  относительно оси, проекция которой — точка  $A$  (рис. 1);

$$M_1 = ql_p h';$$

$M_2$  — момент, возникающий от действия выталкивающей силы  $W^*$ ;

$$M_2 = Wk;$$

$M_3$  — момент от действия силы тяжести  $G$  надводной части конструктивного элемента;

$$M_3 = Gi;$$

$h', k, i$  — плечи действия сил, соответствующих моментам  $M_1, M_2, M_3$ ;

\* Под выталкивающей силой авторы понимают равнодействующую двух сил: архимедовой, равной произведению объемного веса жидкости на объем погруженной части тела, и собственного веса последней.