

ности, они выполняют на данной территории. В заповедной хозяйственной части и на особо защитных участках других лесов I группы, исключаемых из главного пользования, формы хозяйства по товарности вообще не устанавливаются. Уникальность заповедных экосистем и лучшее проявление защитно-стабилизирующих, природоохранных, эстетических и других полезных свойств лесов в растущем состоянии наиболее полно обеспечиваются высокоствольными древостоями семенного происхождения.

В рекреационной зоне природного национального парка (как и в местах курортов, зон отдыха, туристических маршрутов и в других лесах I группы) при проведении ландшафтных рубок ухода и санитарных рубок необходимо стремиться к усилению устойчивости насаждений против нежелательных стихийных и антропогенных воздействий, улучшению их эстетической привлекательности и санитарно-гигиенической ценности. Формирование живописных пейзажей и ландшафтов должно включать выращивание в лесах этой зоны древесно-кустарниковых пород, биологически устойчивых против пыли, дыма, газов, уплотнения и ухудшения аэрации почв. Они должны иметь улучшенные декоративно-эстетические свойства, максимально проявляющиеся в течение года. Эти мероприятия имеют особенное значение в формировании красивых пейзажей, хорошо просматриваемых в перспективе из так называемых «видовых точек».

На открытых лужайках целесообразно высаживать цветущие кустарники с продолжительным периодом цветения, а в насаждениях оставлять и охранять ценные в эстетическом отношении деревья и их группы. Формирование таких чередующихся групп деревьев в сочетании с живописными полянами, создающими игру цвета, света и тени, является одной из задач ландшафтных рубок ухода за лесом и декоративного озеленения, определяет своеобразную технику их выполнения.

В лесах рекреационной зоны большое внимание должно уделяться благоустройству территории: созданию дорожной и тропиной сети, установке в «видовых точках» павильонов, беседок и скамеек для отдыха, проведению других лесохозяйственных и организационных мероприятий. Все мероприятия по организации территории лесов рекреационной зоны и их благоустройству должно разрабатывать лесоустройство.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лес и охрана природы / Под ред. С. Г. Синицына.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 288 с. [2]. Одум Ю. Основы экологии.— М.: Мир, 1975.— 740 с. [3]. Опыт и методы экологического мониторинга: Матер. Всесоюз. совещания.— Пушкино: Науч. центр биологических исследований АН СССР, 1978.— 265 с. [4]. Федосимов А. Н., Анисочкин В. Г. Выборочная таксация леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 172 с. [5]. Флора і рослинність Карпатського заповідника / Під ред. С. М. Стойко.— Київ: Наукова думка, 1982.— 220 с. [6]. Цурик Е. И. Дигрессивно-демутационные изменения в почвах ельников и вторичных полонин у верхней границы леса в Карпатах // Почвоведение.— 1986.— № 9.— С. 112—121.

Поступила 14 сентября 1987 г.

УДК 630\*564

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРОПИЧЕСКИХ СОСНЯКОВ (*Pinus kesiya*)

НГУЕН НГОК ЛУНГ

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время моделирование древостоев, необходимое для прогнозирования общей производительности и выхода сортиментов, проводится по двум направлениям:

СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01M 15/00. Способ определения собственных частот крутильных колебаний коленчатого вала кривошипно-ползунного механизма / Э. А. Келлер (СССР).— № 3367816/25—06; Заявлено 23.12.81; Опубл. 7.05.83, Бюл. № 17 // Открытия. Изобретения.— 1983.— С. 165. [3]. Андреев Р. П. Исследование крутильных колебаний коленчатого вала мотопилы Урал // Динамика и прочность механических систем: Межвуз. сб. № 207.— Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1977.— С. 105—108. [4]. Дмитриев Е. И. Исследование основных элементов бензиномоторных пил с целью совершенствования их конструкций: Дис... канд. техн. наук.— М.: МЛТИ, 1978.— 125 с. [5]. Келлер Э. А. Аппроксимация внешних нагрузок привода пильного аппарата мотопил // Динамика и прочность механических систем: Межвуз. сб. науч. тр., 1981.— С. 15—21.

УДК 66.047.1 : 536.244

## ОБ УСТОЙЧИВОМ ДВИЖЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ В ВИХРЕВОЙ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ

А. К. ЛЕОНТЬЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Вихревые сушильные камеры широко применяют в деревообрабатывающей промышленности при сушке дробленых кусковых и мелкофракционных отходов деревообработки\*. Для организации устойчивой работы таких камер необходима подача сушильного газа с некоторой окружной скоростью, превышающей минимально допустимое значение. Это позволит исключить образование завала частиц на дне камеры.

Минимально допустимой назовем такую окружную скорость газа, при которой твердая влажная древесная частица, покоящаяся вначале на дне горизонтальной вихревой камеры, в последующие моменты времени будет устойчиво двигаться по стенке камеры, т. е. во все время движения частицы будет выполняться условие  $N \geq 0$  (где  $N$  — сила нормального давления частицы на стенку камеры)\*\*.

Для расчета минимальной окружной скорости газа, с точки зрения организации устойчивого движения частиц в вихревой сушильной камере, рассмотрим плоскую задачу о движении твердой частицы внутри круга, радиус которого равен радиусу сушильной камеры.

Уравнения движения древесной частицы массой  $m$  в проекциях на оси полярной системы координат (рис. 1) имеют вид

$$\frac{m\omega^2}{R} = P \sin \varphi + N; \quad (1)$$

$$m \frac{d\omega}{dt} = F_a - P \cos \varphi - F_{тр}, \quad (2)$$

где

$N$  — нормальная реакция поверхности цилиндра;  
 $F_{тр} = Nf$  — сила трения частицы на поверхность цилиндра;  
 $f$  — коэффициент трения;

$F_a = c_p \frac{\pi d^2}{8} (v - \omega)^2$  — аэродинамическая влекущая сила;

$m = \rho_1 \frac{\pi d^3}{6}$  — масса частицы;

$\rho$  и  $\rho_1$  — плотность газа и частицы;

$c$  — коэффициент сопротивления обтекания частицы (далее принимаем  $c = \text{const}$ );

$d$  — приведенный диаметр частицы;

$v$  — окружная скорость газового потока;

$\omega$  — окружная скорость частицы.

$\varphi$  — угол между радиусом, проведенным к частице, и горизонтальной осью.

В начальный момент времени частица покоится на дне камеры.

Решение уравнений (1) и (2) следует проводить при начальных условиях

$$t = 0, \omega = 0, \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}.$$

\* Сабуров Э. Н., Карпов С. В., Егоров А. И. Устройство для подсушки и сжигания отходов // Лесн. пром-сть.— 1981.— № 6.— С. 24—25.

\*\* Предполагается, что древесные частицы имеют форму, близкую к кубической.

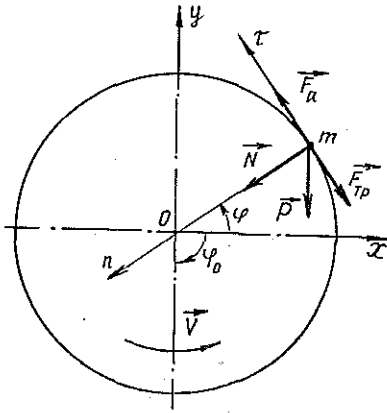


Рис. 1

Опыты, проведенные в камере диаметром 400 мм на частицах разной крупности (от 0,5 до 8,5 мм) и из различных материалов (стекло, свинец, горох, фасоль, пшено, сахар, пробка), показали, что коэффициент приведенного трения  $f$  в первом приближении не зависит от размеров и материала частиц и равен 0,05, т. е. значительно меньше коэффициента трения скольжения по железу любого из перечисленных материалов.

Введем безразмерные величины

$$u = \frac{w}{v}; \quad \lambda = \frac{3}{4} c \frac{\rho}{\rho_1} \frac{R}{d};$$

$$\gamma = \frac{gR}{v^2}; \quad \bar{N} = \frac{N \cdot R}{mv^2}; \quad \alpha = \text{arctg } f.$$

Подставляя в формулу (2) выражение для нормальной силы давления из уравнения (1) и переходя к переменной  $\varphi$ , получим уравнения в безразмерном виде:

$$\bar{N} + u^2 - \gamma \sin \varphi; \quad (3)$$

$$u \frac{du}{d\varphi} = \lambda (1 - u)^2 - fu^2 - \gamma \sqrt{1 + f^2} \cos(\alpha + \varphi). \quad (4)$$

Нас интересует поведение достаточно крупных частиц, так как именно на их движение сила тяжести оказывает наибольшее влияние.

Для крупных частиц в начальный период движения допустимо принять

$$u \ll 1 \quad (5)$$

(в дальнейшем будет выяснен предел применимости этого неравенства).

С учетом (5), при начальном условии  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ ,  $u = 0$  решение уравнения (4) имеет вид:

$$u^2 = \frac{\lambda}{f} \{1 - \exp[-f(\pi + 2\varphi)]\} - 2\gamma \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \{ \sin(\alpha + \varepsilon + \varphi) + \cos(\alpha + \varepsilon) \exp[-f(\pi + 2\varphi)] \}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon = \text{arctg } 2f$ .

Следовательно,

$$\bar{N} = \frac{\lambda}{f} \{1 - \exp[-f(\pi + 2\varphi)]\} - \gamma \left\{ \sin \varphi + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \times \right. \\ \left. \times [\sin(\alpha + \varepsilon + \varphi) + \cos(\alpha + \varepsilon) \exp[-f(\pi + 2\varphi)]] \right\}. \quad (7)$$

Используя условие минимума  $\frac{dN}{d\varphi} = 0$ , получим:

$$2\lambda \exp[-f(\pi + 2\varphi)] - \gamma \left\{ \cos \varphi + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \times \right. \\ \left. \times [\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi) - 2f \cos(\alpha + \varepsilon) \exp[-f(\pi + 2\varphi)]] \right\} = 0, \quad (8)$$

отсюда выражаем  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{\lambda \exp[-f(\pi + 2\varphi)]}{\frac{1}{2} \cos \varphi + \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \{ \cos(\alpha + \varepsilon + \varphi) - 2f \cos(\alpha + \varepsilon) \times \\ \times \exp[-f(\pi + 2\varphi)] \}}. \quad (9)$$

С другой стороны, полагая, что  $\min \bar{N} = 0$ , находим из уравнения (7):

$$\gamma = \frac{\frac{\lambda}{f} \{1 - \exp[-f(\pi + 2\varphi)]\}}{\sin \varphi + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \{ \sin(\alpha + \varepsilon + \varphi) + \cos(\alpha + \varepsilon) \times \exp[-f(\pi + 2\varphi)] \}} \quad (10)$$

Приравняв правые части уравнений (9) и (10), получим уравнение, связывающее коэффициент трения  $f$  и угол  $\varphi_{min}$ :

$$4f \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \cos(\alpha + \varepsilon) = \{ \exp[f(\pi + 2\varphi_{min})] - 1 \} \times \\ \times \left[ \cos \varphi_{min} + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \cos(\alpha + \varepsilon + \varphi_{min}) \right] - \\ - 2f \left[ \sin \varphi_{min} + 2 \sqrt{\frac{1+f^2}{1+4f^2}} \sin(\alpha + \varepsilon + \varphi_{min}) \right]. \quad (11)$$

Результаты вычисления  $\varphi_{min}$  по уравнению (11) для различных  $f$  приведены в таблице.

$f$	0	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,20	0,30
$\varphi_{min}$	0,945	0,936	0,927	0,917	0,905	0,890	0,873	0,800	0,743

Подставляя  $\varphi_{min}$  и  $f$  в одну из формул (9) или (10), находим связь между  $\gamma$  и  $\lambda$ . Зависимость  $\gamma/\lambda$  от величины  $f$  приведена на рис. 2.

Как следует из рисунка, с увеличением коэффициента трения  $f$  отношение  $\gamma/\lambda$  монотонно уменьшается, т. е. с возрастанием коэффициента трения минимальная окружная скорость сушильного агента должна повышаться, ибо  $\frac{\gamma}{\lambda} = \frac{4}{3} \frac{g}{v^2} \frac{\rho_1 d}{\rho c}$ . Подставляя для данного  $f$  значение  $\gamma/\lambda$  в формулу (6), находим те значения  $\lambda$ , для которых справедливо предположение о малости  $u$ , т. е.  $u \ll 1$ . Так, для  $f = 0$  (движение без трения) получаем  $\gamma = 1,14\lambda$  и, принимая  $u = 0,1$ , находим, что условие (5) выполняется, если  $\lambda \leq 0,011$ .

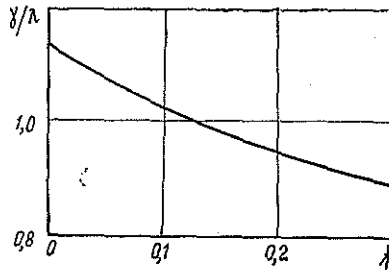


Рис. 2

В частности, при  $\rho = 0,60 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_1 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,  $c = 0,6$  и  $R = 0,2$  м значению  $\lambda \leq 0,011$  соответствует приведенный диаметр частицы  $d \geq 5,0$  мм.

Минимальную окружную скорость сушильного агента определяем из формулы

$$v_{min} = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{\rho_1 d}{\rho c} \left( \frac{\lambda}{\gamma} \right) g}, \quad (12)$$

которая показывает, что минимальная скорость агента не зависит от радиуса вихревой камеры.

Формула (12) справедлива для древесных частиц кусковой формы (щепы, опилки), длина и поперечные размеры которых близки между собой. Возможность применения ее для длинных плоских частиц, например стружки, требует проверки.

Следовательно, для обеспечения устойчивой работы вихревой сушильной камеры необходимо, чтобы окружная скорость сушильного агента была больше некоторого минимального значения, определяемого формулой (12).