

Графическое определение общей эффективности пылеулавливания: 1 — $\eta_{\phi}(d_r)$; 2 — $\Phi(d_r)$; 3 — $\eta = 50\%$

точки A и C — прямую линию, продолжение которой пересекает в точке E вертикаль, опущенную из точки L . Ордината E соответствует эффективности. В данном случае $\eta \approx 93\%$.

Если полученное значение общей эффективности не удовлетворяет, с учетом санитарных норм, требуемой эффективности, то следует переходить либо к модификации циклона с меньшим отношением d/D , либо к установке параллельно работающих циклонов меньшего D . Для определения энергоемкости рассматриваемого варианта значение коэффициента аэродинамического сопротивления циклона рассчитывают по зависимости $\xi = 1,43 D / (d/D)^{1,712}$ (где D измеряется в метрах). Это дает возможность находить сопротивление циклона и делать окончательный выбор.

Поступила 27 июля 1989 г.

УДК 621.935

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНОГО СТАНКА

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ, В. В. ГРИНЬКОВ

Архангельский лесотехнический институт
ЦНИИМОД

Эффективность пиления древесины ленточными пилами можно значительно повысить при замене шкивов криволинейными направляющими, установленными над и под распиливаемым материалом. Для уменьшения трения пилы о направляющие к рабочим поверхностям, последних подводят сжатый воздух, образующий аэроэстатические опоры [2, 3]. Большое влияние на работоспособность ленточнопильных станков нового типа оказывают параметры аэроэстатических опор: конструкция и размеры, глубина микроканалов, диаметр отверстий поддува, давление подводимого воздуха, зазор между пилой и направляющими.

В результате экспериментальных исследований [4] выбран тип секции аэростатических направляющих. Для совершенствования аэростатических опор, обоснования параметров криволинейных направляющих, определения допустимой силы натяжения пилы и расхода воздуха, уточнения требований к точности подготовки полотна пилы были выполнены теоретические исследования.

На рис. 1 приведена часть развертки криволинейной аэростатической опоры, состоящей из отдельных секций шириной B и длиной L . Каждая секция включает замкнутую прямоугольную микроканавку со сторонами b и l . На серединах продольных сторон выполнены отверстия поддува диаметром d . Глубина микроканавки t имеет в сечении форму равностороннего треугольника.

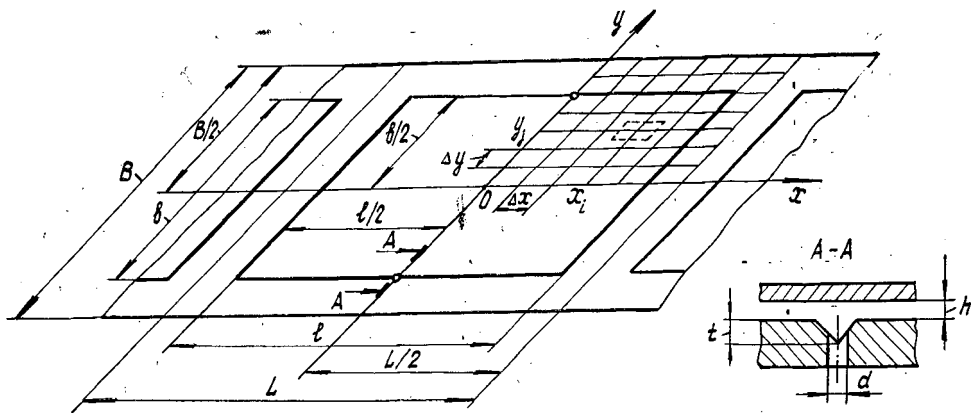


Рис. 1. Расчетная схема секции аэростатической опоры

В декартовой системе координат xOy с началом в центре опоры и осями, параллельными сторонам, нанесем сетку координатных линий:

$$x = x_i = i\Delta x; \quad y = y_j = j\Delta y,$$

где $\Delta x = L/2k$ — шаг сетки в направлении оси x ;

$\Delta y = B/2n$ — шаг сетки в направлении оси y ;

k, n — целые положительные числа, определяющие шаг сетки.

Расчет аэростатической опоры выполнен численным методом, разработанным в ЭНИМСе [5]. Он основан на аппроксимации поля давлений в опоре разностными алгебраическими уравнениями, которые могут быть получены из условия баланса расхода воздуха через элементарный прямоугольник:

$$x_i - \Delta x/2 \leq x \leq x_i + \Delta x/2; \quad y_j - \Delta y/2 \leq y \leq y_j + \Delta y/2.$$

Разностные уравнения имеют вид

$$a_{ij}P_{ij}^2 - b_{ij}P_{i+1,j}^2 - c_{ij}P_{i-1,j}^2 - d_{ij}P_{i,j+1}^2 - e_{ij}P_{i,j-1}^2 = f_{ij}. \quad (1)$$

Здесь $P_{ij} = p_{ij}/p_a$ — относительное давление в точке с координатами x_i и y_j ;

p_{ij} — давление воздуха в точке с координатами x_i и y_j , МПа;

p_a — атмосферное давление, МПа.

Коэффициенты при неизвестных в уравнении (1) зависят от наличия и расположения микроканалов на рассматриваемом участке и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Схемы участков опоры	Коэффициенты разностных уравнений
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + 2K/\Delta x$ $b_{ij} = c_{ij} = \Delta y/\Delta x + K/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + K/\Delta x$ $b_{ij} = \Delta x/\Delta y$ $c_{ij} = \Delta y/\Delta x + K/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + 2K/\Delta y$ $b_{ij} = c_{ij} = \Delta y/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y + K/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + K/\Delta x + K/\Delta y$ $b_{ij} = \Delta y/\Delta x$ $c_{ij} = \Delta y/\Delta x + K/\Delta x$ $d_{ij} = \Delta x/\Delta y$ $e_{ij} = \Delta x/\Delta y + K/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y$ $b_{ij} = c_{ij} = \Delta y/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y$

Примечание. $K = 0,231 \frac{t^4}{Bh^3}$ — безразмерный параметр микроканалки.

В точке поддува свободный член f_{ij} определяется по формуле

$$f_{ij} = \frac{12,9\mu d^2}{h^3 \sqrt{\rho_a \rho_s}} \sqrt{1 - \left(\frac{p_d}{p_s}\right)^4}, \quad (2)$$

где μ — коэффициент динамической вязкости воздуха, $\mu = 17,95 \times 10^{-6}$ Па·с;
 ρ_a — плотность атмосферного воздуха, $\rho_a = 1,2$ кг/м³ при $t = 20$ °С и $\rho_a = 9,81 \cdot 10^4$ Па;
 d — диаметр отверстий поддува, м;
 h — зазор между пилой и опорой, м;
 p_d — давление воздуха в точке поддува, Па;
 p_s — абсолютное давление подводимого воздуха, Па.

В остальных точках $f_{ij} = 0$.

Для упрощения решения уравнений (1) вводим новую переменную

$$U_{ij} = (P_{ij}^2 - 1) / f_{ij}. \quad (3)$$

Учитывая, что $a_{ij} - b_{ij} - c_{ij} - d_{ij} - e_{ij} = 0$, получаем линейные уравнения:

$$a_{ij}U_{ij} - b_{ij}U_{i+1,j} - c_{ij}U_{i-1,j} - d_{ij}U_{i,j+1} - e_{ij}U_{i,j-1} = \delta_{ij}, \quad (4)$$

где $\delta_{ij} = 1$ — в точке поддува; $\delta_{ij} = 0$ — в остальных точках.

Так как опора имеет две оси симметрии, достаточно рассматривать давление на 1/4 опоры. Это соответствует изменению индексов в пределах $0 \leq i \leq k$, $0 \leq j \leq n$. Таким образом, для определения поля давления в опоре необходимо решать систему $(k+1)n$ уравнений (4) с учетом того, что в $k+1$ точках давление на контуре $p_{in} = 1$ и $U_{in} = 0$. Давление воздуха в точках с координатами x_i и y_j находим по формуле

$$p_{ij} = p_a \sqrt{\left[1 + \frac{12,9\mu d^2}{h^3 \sqrt{\rho_a p_a}} \sqrt{1 - (p_d/p_s)^4}\right] U_{ij}}.$$

Удельную подъемную силу определяем по формуле [4]

$$K_n = -p_a + \sum_1^z p_{ij}/z,$$

где z — количество точек аэростатической опоры, в которых определены значения p_{ij} .

Систему уравнения (4) решали на ЭВМ ЕС-1022 методом последовательных смещений Гаусса — Зейделя [1] для секции аэростатической опоры ленточнопильного станка, имеющей следующие размеры при $k=9$, $n=10$ и коэффициенте истечения воздуха 0,85: $L=108$ мм; $B=100$ мм; $b=60$ мм; $l=96$ мм; $t=0,4$ мм.

Для нахождения функции истечения воздуха через отверстие поддува $\Theta\left(\frac{p_d}{p_s}\right)$ и давления воздуха в точке поддува p_d решали систему уравнений относительно p_d до заданной точности ($\epsilon = 0,001$):

$$\begin{cases} p_d = p_a \sqrt{\left[1 - \frac{12,9\mu d^2}{h^3 \sqrt{\rho_a p_a}} \Theta\left(\frac{p_d}{p_s}\right)\right] Ud}; \\ \Theta\left(\frac{p_d}{p_s}\right) = \sqrt{1 - (p_d/p_s)^4}. \end{cases}$$

По результатам расчетов при $p_s = 0,6$ МПа; $d = 0,6$ мм; $h = 3 \cdot 10^{-2}$ мм; $t = 0,4$ мм построены поля давлений для секций опоры (рис. 2). Максимальное давление приходится на участки, расположенные около отверстий поддува. Для изолированной секции (рис. 2, а) давление воздуха быстро падает по мере приближения к краям. Когда аэростатическая опора состоит из ряда секций, то на границе между секциями давление примерно на 2/3 ширины опоры поддерживается постоянным и составляет более 70 % от максимального давления в зоне отверстий поддува (рис. 2, б). Для ленточных пил, огибающих криволинейные направляющие, такая конструкция наиболее целесообразна. В целях повышения несущей способности аэростатических опор необходимо уменьшать зазор h и увеличивать глубину микроканалов t . Однако минимальный зазор определяется точностью изготовления поверхности опор и подготовкой полотен пил. Увеличение глубины микроканавки может привести к вибрации типа «пневмомолоток». Исследованиями, проведенными в ЭНИМСе [5], установлено, что для обеспечения устойчивости двухканавочной секции необходимо соблюдение следующего условия:

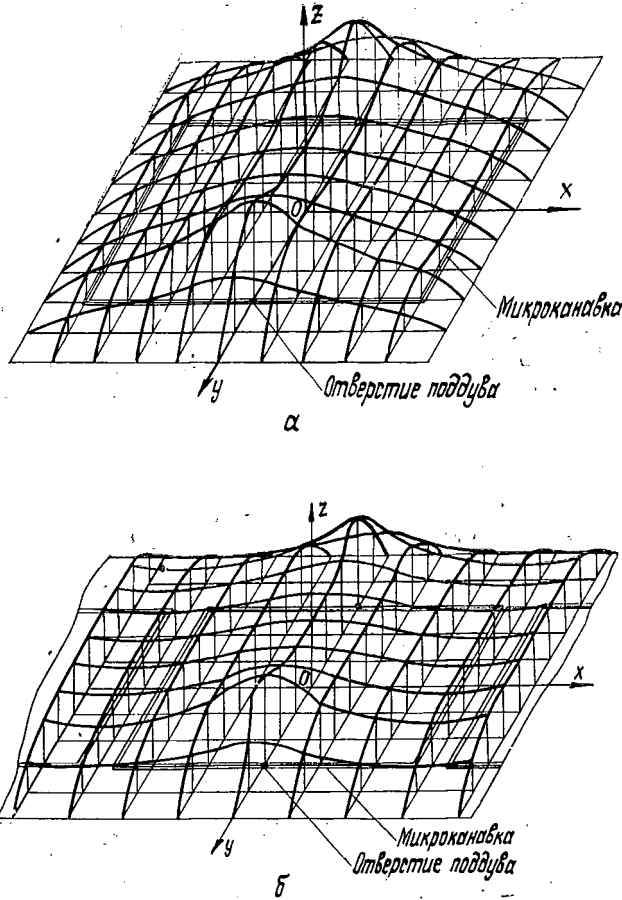


Рис. 2. Характер распределения давления воздуха в зазоре между пилой и изолированной (а) и неизолированной (б) секциями аэростатической опоры

$$t < \sqrt{0,173 \frac{\lambda_1 B h}{\lambda_1 - 6\lambda_2 + 2}},$$

где

$\lambda_1 = L/B$ — относительная длина секции опоры;

$\lambda_2 = B_2/B$ — относительное расстояние от продольной микроканавки до контура секции;

B_2 — расстояние от продольной микроканавки до контура секции.

Для принятых значений L , B_2 и B имеем $\lambda_1 = 1,08$ и $\lambda_2 = 0,2$, тогда виброустойчивость опоры обеспечивается условием $t < 3,15 \sqrt{h}$. При $h = 3 \cdot 10^{-2}$ мм глубина микроканавки $t < 0,54$ мм, а при минимальном зазоре $h = 2 \cdot 10^{-2}$ мм $t < 0,44$ мм. Для создания условий виброустойчивости выбираем $t = 0,4$ мм.

В табл. 2 приведены значения удельной подъемной силы K_n , подъемной силы секции опоры Q и расхода воздуха одной секции W_n в зависимости от величины зазора h , давления подводимого воздуха p_s и диаметра отверстий поддува d (при $t = 0,4$ мм). По данным этой таблицы на рис. 3 построены графики, позволяющие выявить зависимости

Таблица 2

Показатели	Абсолютное давление подводящего воздуха, МПа	Значения показателей при зазоре 0,03 мм и диаметре отверстий поддува, мм				Значения показателей при диаметре отверстий поддува 0,6 мм и зазоре, мм		
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,04	0,05	0,06
Удельная подъемная сила, МПа	0,4	0,094	0,115	0,134	0,149	0,066	0,039	0,025
	0,5	0,111	0,140	0,165	0,189	0,079	0,048	0,030
	0,6	0,128	0,161	0,192	0,219	0,092	0,056	0,036
	0,7	0,144	0,180	0,216	0,249	0,103	0,063	0,041
Подъемная сила одной секции опоры, кН	0,4	1,015	1,242	1,449	1,610	0,711	0,425	0,269
	0,5	1,204	1,509	1,782	2,016	0,858	0,515	0,328
	0,6	1,387	1,743	2,076	2,359	0,991	0,630	0,389
	0,7	1,554	1,956	2,338	2,685	1,115	0,679	0,438
Расход воздуха одной секции опоры, м ³ /мин	0,4	0,017	0,020	0,024	0,029	0,022	0,022	0,022
	0,5	0,020	0,026	0,033	0,040	0,028	0,028	0,028
	0,6	0,023	0,032	0,042	0,051	0,034	0,034	0,034
	0,7	0,027	0,038	0,049	0,062	0,040	0,040	0,040

между K_n , W_n и p_s ($t = 0,4$ мм; $h = 0,03$ мм), а на рис. 4 — между K_n и h ($t = 0,4$ мм; $d = 0,6$ мм).

Из приведенных рисунков видно, что на подъемную силу оказывают влияние давление подводящего воздуха, диаметр отверстий поддува и зазор между пилой и направляющими. Так, при $p_s = 0,6$ МПа, $d = 0,6$ мм и $t = 0,4$ мм с уменьшенным зазором от 0,06 до 0,03 мм, т. е. в 2 раза, удельная подъемная сила возрастает от 0,036 до 0,161 МПа, т. е. в 4,5 раза. При этом расход воздуха практически не меняется. Следовательно, необходимо стремиться работать при малых зазорах между пилой

Рис. 3. Зависимости удельной подъемной силы K_n (сплошные линии) и расхода воздуха W_n (штриховые линии) одной неизолированной секции аэростатической опоры от давления подводящего воздуха p_s при диаметре отверстия поддува: 1 — 0,5; 2 — 0,6; 3 — 0,7; 4 — 0,8 мм

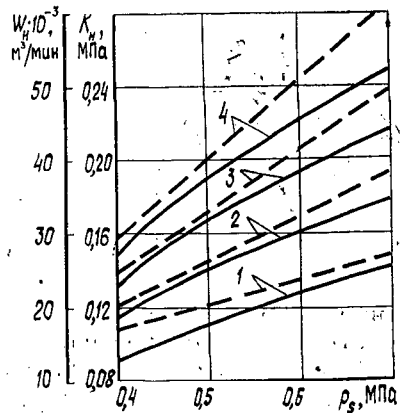
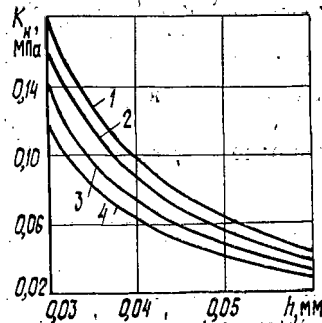


Рис. 4. Зависимость удельной подъемной силы K_n одной неизолированной секции аэростатической опоры от величины зазора между пилой и опорой h при давлении подводящего воздуха: 1 — 0,7; 2 — 0,6; 3 — 0,5; 4 — 0,4 МПа



и аэростатическими направляющими, что может быть достигнуто, в основном, за счет повышения точности подготовки полотна пилы.

Положительное влияние на подъемную силу оказывает диаметр отверстий поддува d , но еще в большей степени с увеличением d растет расход воздуха. Так, при увеличении d от 0,5 до 0,8 мм ($p_s = 0,6$ МПа; $h = 0,03$ мм; $t = 0,4$ мм) удельная подъемная сила возрастает от 0,128 до 0,218 МПа, т. е. в 1,7 раза, а расход воздуха в одной секции опоры — от 0,023 до 0,051 м³/мин, т. е. в 2,2 раза.

С повышением давления подводимого воздуха p_s от 0,4 до 0,7 МПа ($t = 0,4$ мм; $h = 0,03$ мм; $d = 0,6$ мм) удельная подъемная сила возрастает от 0,105 до 0,180 МПа, т. е. в 1,6 раза, а расход воздуха в одной секции — от 0,020 до 0,038 м³/мин, т. е. в 1,9 раза.

Из приведенных примеров видно, что для увеличения подъемной силы необходимо, в первую очередь, идти на уменьшение зазора. Для дальнейшего ее роста можно повышать давление подводимого к опоре воздуха или, в крайнем случае, увеличить диаметр отверстий поддува.

У криволинейных аэростатических направляющих с радиусом R удельная подъемная сила K_n действует радиально от центра кривизны направляющих. Результирующая подъемная сила Q уравновешивается силой натяжения пилы $2N$, т. е. $Q = 2N$. Определяем силу натяжения одной ветви N , при которой обеспечивается заданный зазор между пилой и направляющей h (заданы p_s и d). Схема сил, действующих на аэростатическую опору, показана на рис. 5. Проектируя их на ось y , получаем уравнение равновесия сил:

$$K_n BR \int_0^\pi \sin \alpha da - 2N = 0,$$

откуда,

$$N = K_n BR.$$

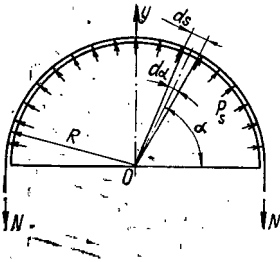


Рис. 5. Расчетная схема для определения допустимой силы натяжения ленточной пилы

Следовательно, для обеспечения такой силы натяжения пилы, при которой поддерживается заданный зазор и гарантируется высокая устойчивость пилы, необходимо повышать удельную подъемную силу, ширину опоры и радиус направляющих. Полученные материалы позволяют определять величину силы N для различных конструкций ленточнопильных станков (B , R) и условий их эксплуатации (p_s , d , t , h).

Например, для делительного ленточнопильного станка [3] с параметрами $d = 0,6$ мм; $R = 750$ мм; $B = 100$ мм; $h = 0,03$ мм и при избыточном давлении подводимого воздуха ($p_s - p_n = p_n$) $p_n = 0,5$ МПа сила натяжения равна 12 кН. При зазоре $h = 0,04$ мм сила натяжения должна быть снижена до 7,5 кН, что достаточно для точного и высокопроизводительного пиления.

В ленточнопильных станках для переработки бревен требуются более высокие силы натяжения пилы. Проведенные исследования позволяют выбирать d , p_s , h , B и R , при которых будет обеспечена требуемая N .

Расход воздуха одной секции аэростатической направляющей при $d = 0,6$ мм и избыточном давлении подводимого воздуха 0,4; 0,5 и 0,6 МПа соответственно равен 0,026; 0,032 и 0,038 м³/мин, а W_n для аналогичных условий, определенный экспериментальным путем на стенде [4], — 0,026; 0,032 и 0,037 м³/мин, т. е. теоретические и эксперимен-

тальные значения совпали. Расход воздуха одной секции опоры, определенный на экспериментальном ленточнопильном станке при аналогичных условиях, составил соответственно 0,031; 0,037 и 0,043 м³/мин (расхождение не более 20 %). Его можно объяснить тем, что при сверлении отверстий в рабочих поверхностях станка были использованы специальные приспособления, максимально снижающие биение сверла, а при сверлении отверстий в направляющих станка — обычные средства, что приводит к разбиванию отверстий. Так как при промышленном изготовлении ленточнопильных станков с криволинейными аэростатическими направляющими избежать этого явления трудно, то при выборе компрессора необходимо теоретический расход воздуха увеличить на 20 %.

Делительные ленточнопильные станки типа ЛД150-1Э и ЛСД150 [3] имеют 44 секции аэростатических опор. Общий расход воздуха при $d = 0,6$ мм и $p_n = 0,6$ МПа составляет 1,672 м³/мин. Увеличивая его на 20 %, получаем требуемую производительность компрессора 2,0 м³/мин.

При создании ленточнопильных станков для переработки бревен, как отмечалось ранее, требуются другие силы натяжения пилы и параметры опор (R , p_n , d , t , h). В табл. 3 приведены теоретические значения расхода воздуха в аэростатических направляющих ленточнопильного станка ($h = 0,03$ мм; $t = 0,4$ мм).

Таблица 3

Диаметр отверстий поддува, мм	Расход воздуха, м ³ /мин, при радиусе криволинейных направляющих, мм, и избыточном давлении подводимого воздуха, МПа								
	500			750			1000		
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
0,5	0,58	0,67	0,78	0,88	1,01	1,19	1,16	1,33	0,60
0,6	0,75	0,93	1,10	1,14	1,41	1,67	1,51	1,86	2,20
0,7	0,96	1,22	1,42	1,45	1,85	2,16	1,91	2,44	2,84
0,8	1,16	1,48	1,80	1,76	2,24	2,73	2,32	2,96	3,60

Выводы

1. Аэростатическая опора, состоящая из секций, непосредственно примыкающих друг к другу, значительно эффективнее опоры, состоящей из отдельных изолированных секций.

2. Глубину микроканавки t аэростатических направляющих следует принимать равной 0,4 мм.

3. Большое влияние на эффективность работы аэростатических направляющих оказывает величина зазора h между пилой и направляющими. Необходимо улучшать качество подготовки полотен пил и переходить на работу с зазорами в пределах 0,02... 0,03 мм.

4. Допустимая сила натяжения ленточной пилы делительного станка при $d = 0,6$ мм; $p_n = 0,5$ МПа и $h = 0,04$ мм составляет 7,5 кН.

5. Величина зазора между пилой и аэростатической направляющей практически не влияет на расход воздуха.

6. Расход воздуха делительного ленточнопильного станка при $d = 0,6$ мм; $p_n = 0,6$ МПа и $R = 750$ мм равен 1,672 м³/мин. При выборе компрессора этот показатель необходимо увеличивать на 20 %.

7. Величина подъемной силы зависит от ширины опоры. Увеличение ширины аэростатических направляющих и использование широких ленточных пил — резерв повышения эффективности ленточнопильных станков с криволинейными аэростатическими направляющими.

8. Приведенный метод может быть использован при расчетах аэростатических опор.

статических направляющих для рамных и круглых пил, а также элементов деревообрабатывающих станков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах / Под ред. А. В. Петрова.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1984.— 320 с. [2]. Прокофьев Г. Ф. Пути повышения эффективности пиления древесины ленточными пилами: Обзор. инф.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985.— 32 с. [3]. Прокофьев Г. Ф., Гриньков В. В. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим // Деревообаб. пром-сть.— 1988.— № 10.— С. 4—5. [4]. Прокофьев Г. Ф., Ходерян Б. А. Исследование аэростатических опор // Лесн. журн.— 1985.— № 3.— С. 118—121.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Шейнберг С. А. и др. Опоры скольжения с газовой смазкой.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1979.— 336 с.

Поступила 29 мая 1989 г.

УДК 624.011.1

ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗА ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ

ЦНИИМОД

Цель работы — изучить надежность элементов деревянных конструкций в течение заданного срока службы с помощью производственного контроля длительной прочности конструкционных пиломатериалов, с учетом фактора времени при формировании расчетных характеристик прочности.

Для этого проводили анализ результатов измерительного и визуального контроля длительной прочности пиломатериалов, выполненного по нормативам производственных показателей, рассчитанных для обеспечения их кратковременной прочности. Рассматривали два режима сочетания нагрузок: постоянная и временная ветровая (I режим), а также постоянная и временная снеговая (II режим).

Исследовали хвойные пиломатериалы сечением $50 \times 150 \times 2200$ мм лесорастительной провинции восточной части Русской равнины Беломорско-Печорского округа подзоны северной тайги. Экономический район переработки пиловочного сырья — северный, производственное объединение Архангельсклеспром.

Испытания до разрушения при изгибе на кромку выполняли при ступенчатом приложении возрастающей нагрузки. Для моделирования принятых сочетаний нагрузок продолжительность действия каждой ступени нагружения составляла 1 ч и 7 сут соответственно, а ее величина — 160 кг, что обеспечивало приrost напряжений порядка 3 МПа. Нагрузку прикладывали в каждой трети пролета. По результатам испытаний оценивали напряжение и приведенное время [2] до разрушения.

Качество пиломатериалов оценивали по следующим нормативам. Во-первых, согласно требованиям документа № 60 ISO/TK 165 «Классы прочности», выборки пиломатериалов сортировали на установке «Финногрейдер» на три класса прочности: K38, K30 и K24. Нормативные сопротивления для них соответственно равны 38, 30 и 24 МПа. За производственный показатель сортировки принимали предел прочности R_f , прогнозируемый установкой «Финногрейдер». Контрольные границы для него рассчитывали по методике ЦНИИМОД [3]. Из-за отсутствия сведений о расчетных сопротивлениях пиломатериалов указанных классов прочности определение показателей контроля не представляется возможным.

Во-вторых, пиломатериалы сортировали на 2-й и 3-й сорт [1], для которых расчетные сопротивления изгибу принимали в соответствии с [4].

В-третьих, согласно требованиям ЦНИИСК, сортировали на группы прочности K24 и K16. Их расчетные сопротивления принимали согласно СНиП II-25—80.

В-четвертых, выборки визуально разделяли на группы прочности K24 и K19, при этом расчетные сопротивления не нормируются документом [5].