

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Разработать и освоить малооперационную технологию производства пиломатериалов: Отчет (промежуточный) / ЦНИИМОД; Руководитель В. Г. Турушев.— № 133.— Архангельск, 1986.— 72 с. [2]. Разработать и освоить малооперационную технологию производства пиломатериалов; Отчет / ЦНИИМОД; Руководитель В. Г. Турушев.— № 133.— Архангельск, 1988.— 168 с. [3]. Совершенствование лесопильных потоков на основе базоформирования: Отчет / АЛТИ; Руководитель В. Г. Турушев.— № 404.— Архангельск, 1989.— 122 с.

Поступила 27 марта 1991 г.

УДК 674.053 : 621.935

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

С. К. ЮРЧЕНКО, А. В. БРЮКВИН

Московский лесотехнический институт

Исследования устойчивости полотен ленточных пил проводили ряд авторов [4, 5, 7]. В работе [1] высказана гипотеза, что «блуждание» пилы может являться следствием потери пилой устойчивости плоской формы изгиба. В этой, а также в ряде других работ [3, 6] получены формулы для определения критических нагрузок, но без учета инерционного нагружения.

Нами приняты следующие допущения по определению критических сил:

полотно представляет собой тонкостенный упругий стержень прямоугольного профиля, его поперечное сечение не деформируется;

стержень нагружен растягивающими усилиями N , действующими эксцентрично, и поперечной силой q_n , приложенной на расстоянии h (глубина зубной впадины) от передней кромки; влиянием касательной составляющей силы резания пренебрегаем [1, 3—7];

передняя кромка стержня имеет дополнительную распределенную массу плотностью ρ , имитирующую твердосплавные пластины по режущей кромке.

Схемы нагружения и перемещения сечения стержня, а также основные геометрические параметры показаны на рис. 1.

Деформированное состояние такого стержня описывается методами теории В. З. Власова [2]:

$$\left\{ \begin{aligned} EI_y \xi^{IV} - N \xi'' &= q_x; \\ FI_x \eta^{IV} - N \eta'' - [(M_y(z) - Ne_x) \Theta]'' &= q_y; \\ (M_y(z) - Ne_x) \eta'' - (GI_d + Nr^2) \Theta'' &= \\ &= q_n \left(\frac{d}{2} + h \right) \Theta + M_{ин}. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

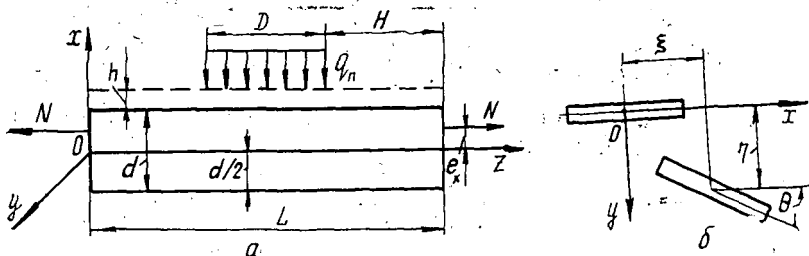


Рис. 1. Схемы нагружения (а) и перемещения (б) сечения стержня

Инерционные нагрузки $q_x, q_y, M_{ин}$ определяются с учетом переносного движения стержня вдоль оси OZ со скоростью V :

$$\left\{ \begin{array}{l} q_x = -\frac{\gamma F}{g} (\ddot{\xi} + 2V\dot{\xi}' + V^2\xi''); \\ q_y = -\frac{\gamma F}{g} (\ddot{\eta} + 2V\dot{\eta}' + V^2\eta'') + \rho \frac{d}{2} (\ddot{\Theta} + \\ \quad + 2V\dot{\Theta}' + V^2\Theta''); \\ M_{ин} = \rho \frac{d}{2} (\ddot{\eta} + 2V\dot{\eta}' + V^2\eta'') + \left(\frac{\gamma Fr^2}{g} + \right. \\ \quad \left. + \rho \frac{d^2}{4} \right) (\ddot{\Theta} + 2V\dot{\Theta}' + V^2\Theta''). \end{array} \right. \quad (2)$$

В формулах (1), (2) введены следующие обозначения:

- E — модуль Юнга;
 I_x, I_y, I_d — моменты поперечного сечения стержня соответственно относительно осей OY, OX и момент кручения;
 ξ, η — искомые перемещения стержня соответственно вдоль осей OX, OY ;
 Θ — угол поворота;
 $M_y(z)$ — изгибающий момент, вызванный поперечной нагрузкой $q_n(z)$;
 e_x — эксцентриситет приложения растягивающих сил N ;
 G — модуль сдвига для материала пилы;

$$r^2 = \frac{I_x + I_y}{F};$$

- F — площадь поперечного сечения стержня;
 d — ширина пилы;
 γ — объемный вес материала стержня;
 g — ускорение силы тяжести.

На искомые перемещения $\xi(t, z); \eta(t, z); \Theta(t, z)$ наложены граничные условия, которые в нашем случае имеют вид

$$\left. \begin{array}{l} \xi(t, 0) = \xi(t, L) = \xi'(t, 0) = \xi'(t, L) = 0; \\ \eta(t, 0) = \eta(t, L) = \eta''(t, 0) = \eta''(t, L) = 0; \\ \Theta(t, 0) = \Theta(t, L) = \Theta'(t, 0) = \Theta'(t, L) = 0. \end{array} \right\} \quad (3)$$

Эти условия соответствуют защемлению концов стержня относительно перемещения вдоль оси OX и углов поворота Θ и шарнирному закреплению относительно перемещения вдоль оси OY .

Уравнения (1), (2) с условиями (3) представляют собой систему трех дифференциальных уравнений в частных производных с тремя переменными коэффициентами. Для нахождения приближенного решения применим метод Галёркина и представим решение дифференциальных уравнений в виде

$$\xi = \Sigma \chi_n(z) X_n(t); \quad \eta = \Sigma \varphi_n(z) y_n(t); \quad \Theta = \Sigma \chi_n(t) Z_n t, \quad (4)$$

где $\chi_n(z)$ — функция Крылова, удовлетворяющая граничным условиям (3);

$$\varphi_n(z) = \sin \frac{\pi L}{n} (n = 1, 2, 3, \dots);$$

X_n, Y_n, Z_n — функции, определяющие закон изменения форм колебаний во времени t .

Для численного решения задачи в выражениях (4) ограничимся тремя членами.

Применение процедуры Галеркина в уравнениях (1), (2) с учетом разложения (4) приводит к системе девяти обыкновенных дифференциальных уравнений, которые в матричной форме имеют следующий вид:

$$M\ddot{\psi}(t) + C\dot{\psi}(t) + K\psi(t) = 0. \quad (5)$$

Здесь $\psi(t)$ — матрица-столбец, составленная из искомым функций;

M, C, K — квадратные матрицы коэффициентов размерностью $9 \cdot 9$.

Введением новых переменных

$$P_{\xi_n} = \dot{\xi}_n; \quad P_{\eta_n} = \dot{\eta}_n; \quad P_{\theta_n} = \dot{\theta}_n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

систему (5) можно свести к системе уравнений первого порядка вида

$$\dot{X} = AX, \quad (6)$$

где A — матрица коэффициентов (18 · 18);

X — вектор-столбец решений.

Представление системы (1) в виде (6) позволяет трактовать нахождение критических условий как задачу о собственных значениях и собственных функциях матричного уравнения (6), которая легко реализуется на ЭВМ.

Расчеты проводили для ленточного полотна станка ЛБ-150. Результаты расчетов представлены на рис. 2, 3, где $P_{кр} = q_{кр}D$ ($q_{кр}$ — максимально достижимая без потери устойчивости нагрузка q_n ; D — расстояние, на котором она прикладывается).

На рис. 2, а (кривые 1—4) показано влияние скорости движения полотна V и силы натяжения N на величину $P_{кр}$ для пилы толщиной $\delta = 1,5$ мм и шириной $d = 0,2$ м при $e_x = 0$. Из приведенных графиков видно, что рост скорости движения уменьшает значение критических сил, а силы натяжения увеличивает $P_{кр}$.

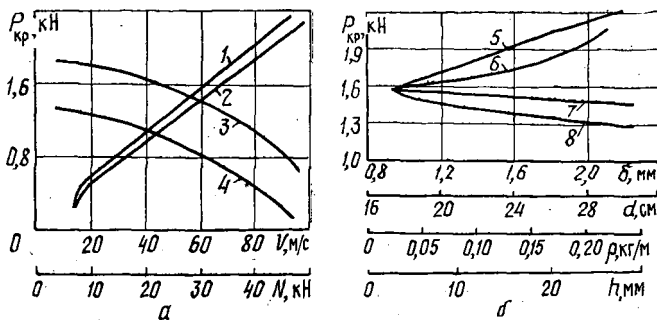


Рис. 2. Зависимость $P_{кр}$ от N при $V = 45$ м/с для $D = 0,8$ м (1) и $D = 0,4$ м (2); от V при $D = 0,4$ м для $N = 30$ кН (3) и $N = 20$ кН (4); при $\rho = h = 0$ от d для $\delta = 1,5$ мм (5); от δ для $d = 0,18$ м (6); при $\delta = 1,5$ мм и $d = 0,18$ м от ρ для $h = 0$ (7); от h для $\rho = 0$ (8)

На рис. 2, б (кривые 5—8) представлено влияние конструктивных параметров (толщина δ и ширина d пилы, плотность зубьев ρ , глубина зубной впадины h) на величину $P_{кр}$ при $N = 30$ кН и $V = 45$ м/с. Увеличение d и δ в два раза приводит соответственно к возрастанию $P_{кр}$ на 31 и 21 %. Однако зависимость $P_{кр}$ от δ носит нелинейный

характер и при значительных толщинах оказывает большее влияние, чем увеличение ρ и h , изменение которых в конструктивных пределах снижает $P_{кр}$ соответственно на 8 и 20 %.

Влияние длины свободного пролета (расстояние между точками схода пилы со шкивов) L на $P_{кр}$ при $V = 45$ м/с; $N = 30$ кН; $\delta = 1,5$ мм и $e_x = 0$ показано на рис. 3, а (кривые 1—3), из которого видно, что уменьшение L является эффективным способом увеличения $P_{кр}$.

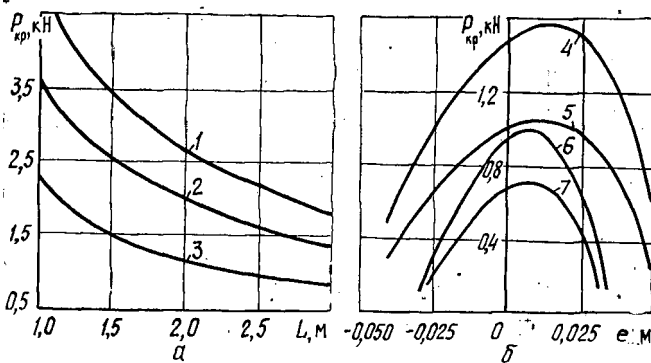


Рис. 3. Зависимость $P_{кр}$ от L для $d = 0,3$ м (1), $d = 0,2$ м (2) и $d = 0,1$ м (3); от e_x при $d = 0,2$ м для $N = 30$ кН (4) и $N = 20$ кН (5); при $d = 0,1$ м для $N = 30$ кН (6) и $N = 20$ кН (7)

Значительный интерес представляет исследование влияния эксцентриситета e_x приложения растягивающихся сил N на $P_{кр}$ при различных значениях параметров N , d , e_x и $V = 45$ м/с (рис. 3, б, кривые 4—7). (Аналогом эксцентриситета является коническая вальцовка полотна, форма шкивов.) В целом наличие эксцентриситета благоприятно влияет на устойчивость, повышая $P_{кр}$ на 7 %. При этом существует такое значение e_x , при котором критическая нагрузка максимальна. В конструктивных расчетах можно считать, что расстояние от оптимального e_x до середины полотна составляет 7,5 % его ширины.

Сравнение полученных нами результатов с данными других авторов [4, 5, 7] показывает, что нормальная нагрузка на пилу от сил резания считается не сосредоточенной, а распределенной, что более соответствует реальному нагружению. В отличие от работы [1] в наших исследованиях учитываются эксцентричность растягивающих усилий и возникающие инерционные нагрузки от массы пилы и зубьев.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что описанная методика представляет на сегодняшний день наиболее полную расчетную модель устойчивости ленточных пил. Созданная на основе расчетов программа для ЭВМ позволяет использовать эту модель в научных и конструкторских разработках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бернштейн М. С. Теорема о работе внешних сил на конечных перемещениях и ее применение к задачам об устойчивости упругого равновесия // Расчет пространственных конструкций.— 1962.— Вып. 7.— С. 281—292. [2]. Власов В. З. Гонкостенные упругие стержни.— М.: Физматгиз, 1959.— С. 357—371; С. 448—479. [3]. Прокофьев Г. Ф. Некоторые вопросы точности рамного пиления // Совершенствование технологии и оборудования лесопильного производства: Науч. тр.— Архангельск: ЦНИИМОД.— 191.— С. 69—75. [4]. Прокофьев Г. Ф. Устойчивость рамных пил // Лесн. журн.— 1970.— № 6.— С. 81—86.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Феоктистов А. Е. Устойчивость пильной ленты при воздействии на нее

усилия подачи // Лесн. журн.—1960.— № 3.— С. 95—106.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Филашов В. М. К расчету на поперечную устойчивость продольно-натянутых пластин // Лесн. журн.—1976.— № 5.— С. 147.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Хасдан С. М. Устойчивость рамных пил.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960.— 50 с.

Поступила 17 декабря 1990 г.

УДК 630*811 : 581.5

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ ИЗВИЛИСТОЙ (*Betula tortuosa* Ldb.)

М. У. УМАРОВ, Е. С. ЧАВЧАВАДЗЕ, И. В. ЗАБАБУРИНА

Чечено-Ингушский государственный университет
Ботанический институт АН СССР

Известно, что при сокращении ресурсов среды обитания древесных растений уменьшается их рост. Это обуславливает появление пороков ствола (многоствольность, извилистость и др.) [8]. Особенно типично такое явление для отличающихся низкой биологической продуктивностью экосистем Крайнего Севера, где любое нарушение функции системы, даже при малых выбросах загрязняющих веществ, вызывает необратимые процессы [7].

В настоящее время в литературе накоплены многочисленные данные о влиянии промышленных загрязнений на рост и развитие древесных растений [1—9, 15—18, 20, 22]. Они касаются прежде всего общих вопросов анатомо-морфологических и физиологических особенностей листа, отчасти стебля и корня. Влияние загрязнения среды на структуру древесины почти не изучено, за исключением радиального прироста древесных растений в местах промышленных выбросов [10—13, 19, 21].

Для правильного понимания механизма адаптации водопроводящих элементов к антропогенным факторам целесообразно более детальное исследование древесины, выполняющей проводящую, запасующую и механическую функции.

Объектом изучения служили деревья березы извилистой (*Betula tortuosa* Ldb. сем. *Betulaceae*), произрастающей на Кольском полуострове, вблизи комбината «Североникель». Многолетняя деятельность этого предприятия губительно сказывается на состоянии растительного покрова прилегающих территорий, особенно на фоне экстремальных условий Крайнего Севера, затрудняющих существование видов древесной флоры на пределе своего ареала.

Для детального изучения влияния антропогенного фактора на структуру древесины березы извилистой выбраны два участка с учетом линии господствующих ветров: условно чистый (удален на 80 км от источника загрязнения) и загрязненный (расположен в 8 км от комбината). На каждом из них взято по 3 свободно стоящих дерева высотой соответственно 7,3...7,8 м и 4,0...4,3 м (растения очень ослаблены). По высоте ствола каждого дерева выпилено три спила: на уровне почвы (0,0 м), высоте груди (1,3 м) и среди кроны на условно чистом (5,7 м) и загрязненном (2,3 м) участках.

На спиле каждого ствола по общепринятой методике [23] исследовали слой прироста 1982 г. формирования. Учитывались следующие ксилотомические признаки: ширина годичного кольца, число, диаметр и объем сосудов (на поперечных срезах); слойность, линейная высота, удельный объем и число лучей на 1 мм (на тангентальных срезах); длина членников сосудов и волокнистых трахенд (на мацерированном материале).