

Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистральной.

*a* — зависимость комплексного коэффициента  $A$  от срока действия магистральной в данной полосе лесного массива;  $1 - Q_r = 450$  тыс.  $m^3$ ;  $2 - Q_r = 300$  тыс.  $m^3$ ;  $3 - Q_r = 150$  тыс.  $m^3$ ; *b* — зависимость предельного значения координаты  $x_{пр}$  точки  $B$  от ширины полосы;  $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$ ;  $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$ ;  $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$ ; *в* — пример назначения направления магистральной при ширине полос *в тах*, определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистральной  $OAB'C$  с ответвлением  $AD$  для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость  $A = f(n)$  для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при  $C_m = 30\,000$  р.;  $k_m = 0,05$  р./( $m^3 \cdot km$ );  $k_b = 0,09$  р./( $m^3 \cdot km$ ); а на рис. 2, *б* — зависимость  $x_{пр} = f(b)$  для трех пространственных значений  $A$ .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистральной. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{yc}}{30\gamma b_{yc}}}, \quad (9)$$

где  $C_b$  — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{yc}$  — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{yc}$  — стоимость пробега леса по усу, р./( $m^3 \cdot km$ ).

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата  $x_{пр} = 0$  при

ства. Л.: ЛТА, 1980, вып. 9, с. 24—29. [4]. Малиновский Е. Ю., Гайцгорн М. М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой.— М.: Машиностроение, 1974.— 176 с. [5]. Пархиловский И. Г. Автомобильные листовые рессоры.— М.: Машиностроение, 1978.— 132 с. [6]. Перетятко Б. Т., Билык Б. В. Оценка точности аппроксимации корреляционных функций микропрофиля дорожной поверхности.— Тр./ ЦНИИМЭ, 1982, с. 78—81. [7]. Рыскин Ю. Е. Исследование вопросов плавности хода лесного колесного тягача: Автореф. дис. . . канд. техн. наук.— Химки, 1973.— 23 с. [8]. Семенов М. Ф., Солдатенков В. И. Статистические характеристики микропрофилей волоков и нагруженность силовой передачи трактора ТБ-1.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1979, № 6, с. 35—39. [9]. Силуков Ю. Д., Плужников Н. Н. Статистические характеристики воздействия микропрофиля лесовозных дорог.— Автомоб. пром-сть, 1973, № 5, с. 20—22. [10]. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятностей и математической статистики.— М.: Наука, 1969.— 511 с. [11]. Хлуд В. Я. Установление статистических характеристик микропрофилей горных лесовозных дорог Краснодарского края.— Тр./ ЦНИИМЭ, 1974, с. 128—134.

Поступила 15 июля 1985 г.

УДК 630\*378.5

## ДВИЖЕНИЕ СПЛОТНОЙ ЕДИНИЦЫ В СОРТИРОВОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ

Г. Я. СУРОВ, В. А. БАРАБАНОВ

Архангельский лесотехнический институт

В Северодвинском бассейне изменение траектории движения пучка в сортировочном устройстве осуществляется при помощи плавающего рычага, снабженного потокообразователем [1]\*. После прекращения воздействия рычага пучок движется по инерции и попадает в окно сортировочного коридора. Для того чтобы установить момент прекращения воздействия рычага и обеспечить необходимое положение пучка в сортировочном дворике, следует знать параметры траектории движения пучка.

Вопросами сортировки пучков на лесосплавных рейдах занимались К. А. Чекалкин, Е. В. Хазов и другие исследователи. Так, в работах [4, 6] рассмотрена сортировка пучков гидравлической струей, а в работе [5] приводятся два параметрических уравнения для построения траектории перемещения пучка с одной фигурной плитки на другую.

Ниже рассматривается движение пучка в сортировочном устройстве под воздействием плавающего рычага с учетом сил влечения от уклона водной поверхности и ветра.

В системе неподвижных координат, изображенной на рисунке, движение пучка по оси  $Y$  описывается следующим уравнением (разгон пучка потоком):

$$m_y \ddot{y} = k_y (v_p - \dot{y}) + R_i \pm R_{vy}, \quad (1)$$

где  $m_y$  — действующая масса пучка с учетом масс воды в пустотах пучка и присоединенной массы в направлении оси  $Y$ ;

$\ddot{y}$  — ускорение пучка вдоль оси  $Y$ ;

$k_y$  — коэффициент пропорциональности составляющей силы сопротивления воды вдоль оси  $Y$ ;

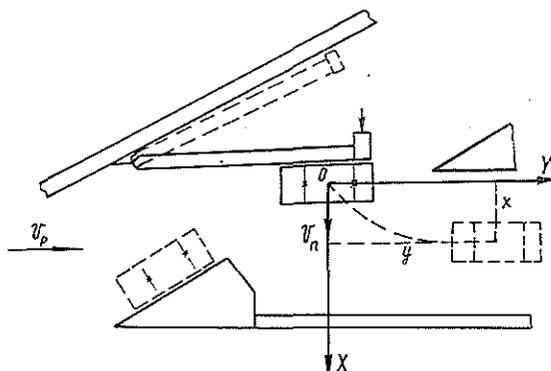
$v_p$  — скорость течения реки;

$\dot{y}$  — скорость пучка по оси  $Y$ ;

$R_i$  — сила влечения пучка от уклона поверхности реки;

\* Устройство применяется с 1978 г. на лесосплавных рейдах производственного объединения Двиносплав.

Расчетная схема движения пучка в сортировочном устройстве.



$$R_l = mgi,$$

Здесь  $m$  — масса пучка;  
 $g$  — ускорение свободного падения;  
 $i$  — уклон поверхности реки.

Движение пучка по оси  $X$  (торможение в потоке)

$$m_x \ddot{x} = -k_x \dot{x} \pm R_{vx}, \quad (2)$$

где  $m_x$  — действующая масса пучка с учетом масс воды в пустотах пучка и присоединенной массы в направлении оси  $X$ ;

$\ddot{x}$  — ускорение пучка по оси  $X$ ;

$k_x$  — коэффициент пропорциональности составляющей силы сопротивления воды по оси  $X$ ;

$\dot{x}$  — скорость пучка по оси  $X$ .

В уравнениях (1) и (2)  $\pm R_{vy}$  и  $\pm R_{vx}$  — соответственно составляющие силы ветра по осям  $Y$  и  $X$ . Знак плюс ставится при совпадении направления силы ветра с направлением движения пучка, знак минус — при несовпадении. При этом считаем, что  $v_{vx} - \dot{x} \approx v_{vx}$  и  $v_{vy} - \dot{y} \approx v_{vy}$ , так как максимальные значения  $\dot{x}$  и  $\dot{y}$  примерно на два порядка меньше соответственно  $v_{vx}$  и  $v_{vy}$ .

После преобразований уравнения (1) и (2) имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \ddot{y} &= \frac{k_y}{m_y} v_p - \frac{k_y}{m_y} \dot{y} + \frac{R_l \pm R_{vy}}{m_y}; \\ \ddot{x} &= -\frac{k_x}{m_x} \dot{x} \pm \frac{R_{vx}}{m_x}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Представим уравнения [3] в параметрической форме

$$\left. \begin{aligned} \ddot{y} + a_1 \dot{y} - a_2 &= 0; \\ \ddot{x} + a_3 \dot{x} - a_4 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $a_1 = \frac{k_y}{m_y}$ ;

$$a_2 = \frac{k_y}{m_y} v_p + \frac{R_l \pm R_{vy}}{m_y};$$

$$a_3 = \frac{k_x}{m_x};$$

$$a_4 = \pm \frac{R_{vx}}{m_x}.$$

Решим первое уравнение системы (4) при начальных условиях  $t = 0$ ,  $y = 0$ ,  $\dot{y} = 0$ . Подставив  $\dot{y} = v_y$  и разделив переменные [2], получим дифференциальное уравнение:

$$\frac{dv_y}{a_2 - a_1 v_y} = dt, \quad (5)$$

общее решение которого:

$$-\frac{1}{a_1} \ln C_1 (a_2 - a_1 v_y) = t. \quad (6)$$

Так как при  $t = 0$   $v_y = 0$ , то

$$C_1 = \frac{1}{a_2}.$$

Таким образом, уравнение (6) принимает вид:

$$-\frac{1}{a_1} \ln \frac{1}{a_2} (a_2 - a_1 v_y) = t. \quad (7)$$

отсюда

$$1 - \frac{a_1}{a_2} v_y = e^{-a_1 t}. \quad (8)$$

Выразим из уравнения (8)  $v_y$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{a_2}{a_1} (1 - e^{-a_1 t}). \quad (9)$$

Разделим переменные и проинтегрируем

$$y = \frac{a_2}{a_1} \left( t + \frac{1}{a_1} e^{-a_1 t} + C_2 \right). \quad (10)$$

При начальных условиях  $t = 0$ ,  $y = 0$

$$C_2 = -\frac{1}{a_1}.$$

Таким образом, решение уравнения (10) имеет вид

$$y = \frac{a_2}{a_1} \left( t + \frac{1}{a_1} e^{-a_1 t} - \frac{1}{a_1} \right)$$

или

$$y = \frac{a_2}{a_1} \left[ t - \frac{1}{a_1} (1 - e^{-a_1 t}) \right]. \quad (11)$$

Решим второе уравнение системы (4) при начальных условиях  $t = 0$ ,  $x = 0$ ,  $\dot{x} = v_n$ , где  $v_n$  — скорость движения пучка в момент прекращения воздействия рычага, метод определения которой изложен в работе [3].

Воспользуемся подстановкой  $\dot{x} = v_x$

$$\frac{dv_x}{dt} + a_3 v_x - a_4 = 0.$$

Разделим переменные

$$\frac{dv_x}{a_4 - a_3 v_x} = dt.$$

Проинтегрируем

$$-\frac{1}{a_3} \ln C_3 (a_4 - a_3 v_x) = t.$$

Используя начальные условия, найдем постоянную интегрирования:

$$C_3 = \frac{1}{a_4 - a_3 v_{п}}.$$

Тогда

$$-\frac{1}{a_3} \ln \left( \frac{a_4 - a_3 v_x}{a_4 - a_3 v_{п}} \right) = t, \quad (12)$$

отсюда

$$\frac{a_4 - a_3 v_x}{a_4 - a_3 v_{п}} = e^{-a_3 t}. \quad (13)$$

Выразим из уравнения (13)  $v_x$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = v_{п} e^{-a_3 t} + \frac{a_4}{a_3} (1 - e^{-a_3 t}). \quad (14)$$

Разделим переменные в уравнении (14) и проинтегрируем

$$x = -v_{п} \frac{1}{a_3} e^{-a_3 t} + \frac{a_4}{a_3} t + \frac{a_4}{a_3^2} e^{-a_3 t} + C_4. \quad (15)$$

Постоянная  $C_4$  при заданных начальных условиях

$$C_4 = \frac{a_3 v_{п} - a_4}{a_3^2}.$$

Значит, решение уравнения (15)

$$x = \frac{v_{п}}{a_3} (1 - e^{-a_3 t}) + \frac{a_4}{a_3} t + \frac{a_4}{a_3^2} (e^{-a_3 t} - 1). \quad (16)$$

Подставим в уравнения (11) и (16) значения  $a_1, a_2, a_3, a_4$ .

$$\left. \begin{aligned} y &= \left( v_{п} + \frac{R_l}{k_y} + \frac{\pm R_{вy}}{k_y} \right) \left[ t + \frac{m_y}{k_y} \left( e^{-\frac{k_y}{m_y} t} - 1 \right) \right]; \\ x &= \frac{m_x}{k_x} v_{п} \left( 1 - e^{-\frac{k_x}{m_x} t} \right) + \frac{\pm R_{вx}}{k_x} t + \frac{\pm R_{вx} m_x}{k_x^2} \left( e^{-\frac{k_x}{m_x} t} - 1 \right). \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Полученные решения позволяют определить координаты пучка в любой момент времени при движении его в сортировочном дворике. Это, в свою очередь, дает возможность установить момент прекращения воздействия на пучок рычага, место его установки в наклонном коридоре, а используя метод расчета устройства [3], — продолжительность работы потокообразователя.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. А. с. 624850 (СССР). Устройство для сортировки пучков бревен на воде/ К. А. Чекалкин, Е. В. Хазов, В. А. Барабанов, Г. Я. Суров. — Оpubл. в Б. И., 1978, № 35. [2]. Пономарев К. К. Специальный курс высшей математики. — М.: Высш. школа, 1974. — 374 с. [3]. Суров Г. Я. Метод расчета устройства для сортировки пучков бревен на воде. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1978, № 6, с. 64—69. [4]. Хазов Е. В., Чекалкин К. А. О процессе сортировки бревенных пучков боковым воздействием гидравлической струи на рейдах с нулевыми скоростями течения. — В кн.: Исследования по механизации лесоразработок и транспорту леса, Архангельск, 1971, с. 74—77. (Тр./ АЛТИ; Вып. 28). [5]. Чекалкин К. А. Уравнения траектории движения бревенного пучка в сортировочном устройстве с наклонным сортировочным коридором. — Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1972, № 5, с. 72—76.

[6]. Чекалкин К. А., Хазов Е. В. К теории процесса сортировки бревенных пучков боковым воздействием гидравлической струи.— Изв. высш. учеб. заведений, Лесн. журн., 1970, № 5, с. 47—52.

Поступила 21 февраля 1985 г.

УДК 621.86.063.2.001.2

## ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ РОТАТОРА В ПРОЦЕССЕ ТОРМОЖЕНИЯ ГРЕЙФЕРА С ЛЕСОМАТЕРИАЛОМ МЕТОДОМ ПРОТИВОДАВЛЕНИЯ

В. В. КРЫЛОВ, А. И. ПАНЧЕНКО

Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства

В лесной промышленности для механизации погрузочно-разгрузочных работ все шире применяют гидроманипуляторы с грейфером на жестком подвесе. Наиболее эффективным средством для ориентации грейфера является неполноповоротный ротатор (моментный гидроцилиндр) [2]. Он дает возможность безредукторно соединять выходной вал привода с грейфером. Однако применение ротаторов ограничивается отсутствием надежного уплотнения стыка цилиндрической и торцевой поверхностей корпуса цилиндра. Доказано, что в моментных гидроцилиндрах с пластинами прямоугольной формы практически невозможно надежно уплотнить углы рабочей камеры и неровности монтажных стыков, поэтому нельзя добиться высоких значений рабочего давления и объемного коэффициента полезного действия гидропривода. В моментных гидроцилиндрах рекомендуется применять пластины полукруглой формы, которые обеспечат надежное уплотнение рабочей камеры и не будут иметь монтажных стыков [1].

При эксплуатации неполноповоротных ротаторов с прямоугольной пластиной основным недостатком является большой угол поворота при торможении. Это происходит вследствие низкого объемного КПД гидродвигателя.

Для значительного уменьшения угла торможения при развороте грейфера с круглыми лесоматериалами рекомендуется использовать метод «противодавления». Этот метод заключается в следующем: для четкого фиксирования грейфера с лесоматериалом рабочая жидкость подается под давлением в полость вытеснения ротатора. Необходимость применения метода противодавления зависит от момента инерции разворачиваемых масс относительно оси вращения и угловой скорости разворота.

Для опробования метода были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде, созданном на кафедре деталей машин и ТММ Московского лесотехнического института. Стенд представляет собой двухэлементный шарнирно сочлененный гидроманипулятор, установленный на жесткое основание. Грейфер с перекрывающимися челюстями имеет двухшарнирный подвес к неполноповоротному ротатору.

Экспериментальные исследования проводили следующим образом. Грейфером гидроманипулятора стенда зачерпывают круглые лесоматериалы; при помощи гидроцилиндров стрелы и рукояти гидроманипулятора поднимают грейфер с лесоматериалами на высоту 2—3 м; с использованием неполноповоротного ротатора разворачивают грейфер относительно вертикальной оси и в нужный момент производят остановку методом противодавления.

При исследованиях использовали сортаменты длиной 6 м. Общая масса грейфера с круглыми лесоматериалами до 1000 кг. Скорость разворота грейфера неполноповоротным ротатором изменяли от 0,75 до 3 рад/с.