

Результаты расчета выходной величины \hat{I} обрабатывали по методике В-плана второго порядка [1]. Было получено уравнение регрессии для определения интенсивности пуска леса в сплав из подтопленного штабеля

$$\hat{I} = 0,01165 - 0,19228 \frac{h_{\pi}}{H} - 0,0258 \frac{1}{\rho} + 0,46325 \left(\frac{h_{\pi}}{H} \right)^2 - 0,01107 \frac{1}{(\rho)^2} + 0,33212 \frac{h_{\pi}}{H\rho}. \quad (9)$$

Расхождения между значениями интенсивности роспуска, полученные по результатам эксперимента и по уравнению регрессии (9), не превысили 5 %. Проверка однородности дисперсий с помощью F-критерия Фишера для уровня значимости $q = 0,05$ показала адекватность полученной математической модели.

Уравнение хорошо согласуется с производственными показателями, расхождения не превышают 10 %. Наблюдения проводили за роспуском штабелей на нескольких приречных лесоскладах, расположенных у лесосплавных рек Европейского Севера (Уфтюги, Виледи, Сысолы, Паденьги) в навигации 1984—1987 гг.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследования процессов деревообработки.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 234 с. [2]. Пименов А. Н., Большаков А. С. Принудительный гидросъем при лесосплаве // Лесн. пром-сть.— 1987.— № 3.— С. 15—16. [3]. Родионов П. М. Метод подобия и его применение к решению задач лесосплава: Учеб. пособие.— Л.: ЛТА, 1982.— 84 с.

Поступила 11 января 1988 г.

УДК 630*378.7

РАСЧЕТ ЛЕЖНЯ ПОПЕРЕЧНОЙ ЗАПАНИ С УЧЕТОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ НАГРУЗОК

В. Я. ХАРИТОНОВ

Архангельский лесотехнический институт

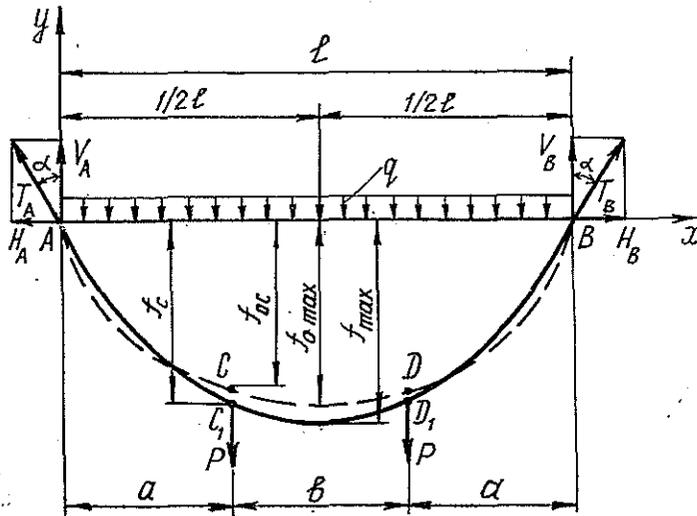
В лесосплавных сооружениях широко используют стальные канаты, цепи и другие виды такелажа, которые работают как гибкие нити. К таким сооружениям относятся и лежни запаней, надежность которых определяет сохранность лесоматериалов от аварийного разброса по берегам.

По существующей методике действующее усилие на лежень рассчитывают с учетом только равномерно распределенной нагрузки по ширине запани от пыжа. На практике за лежень часто крепят сортировочные системы, причем величина сосредоточенных сил иногда приближается к усилию на запань от пыжа.

Ниже приведены результаты аналитических исследований работы гибкой нити применительно к лежню запани с равномерно распределенной по длине пролета нагрузкой и двумя сосредоточенными силами в зоне крепления главных лесопропускающих ворот запани (см. рисунок).

Исходные данные: пролет (ширина запани) — l ; стрела провеса до приложения сосредоточенных сил — f_{0max} ; интенсивность равномерно распределенной нагрузки — q ; сосредоточенные силы — P .

Требуется определить: усилие в нити (лежне) — T ; угол для разбивки опор — α ; ординаты точек C и D после приложения в них сосредоточенных сил — f_c .



Расчетная схема гибкой нити

*Расчет гибкой нити
без учета сосредоточенных сил*

Выбирая оси координат, как показано на рисунке, уравнение нити* можно записать в виде:

$$y = \frac{qx^2}{2H_0}, \quad (1)$$

где H_0 — горизонтальная составляющая усилия в нити.

Наибольшая стрела провеса при $x = \frac{l}{2}$

$$f_{0 \max} = \frac{ql^2}{8H_0}. \quad (2)$$

Длина нити

$$S = l + \frac{8f_{0 \max}^2}{3l} - \frac{32f_{0 \max}^4}{5l^3}. \quad (3)$$

Натяжение в рабочей зоне нити

$$T_0 = \sqrt{H_0^2 + (qx)^2};$$

у опор

$$T_{OA} = T_{OB} = \sqrt{H_0^2 + (ql/2)^2}. \quad (4)$$

Горизонтальная составляющая H_0 в любой точке по длине нити одинакова и определяется из формулы (2) по заданным q , l и $f_{0 \max}$

$$H_0 = \frac{ql^2}{8f_{0 \max}}. \quad (5)$$

Начальные абсциссы точек приложения сосредоточенных сил

$$x_C = a; \quad x_D = a + b. \quad (6)$$

* Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С. Теоретическая механика в примерах и задачах, Т. 3, — М.: Наука, 1973, — 488 с.

Ординаты этих точек

$$y_C = y_D = -f_{0C} = \frac{q}{8H_0} (l^2 - b^2). \quad (7)$$

Расчет нити с учетом сосредоточенных сил

После приложения сосредоточенных сил ось нити деформируется и будет состоять из трех ветвей AC_1 ; C_1D_1 ; D_1B . Полагаем, что нить нерастяжима, и длина ее останется прежней.

Рассмотрим параболу AC_1 . Ее уравнение

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{qx}{H} + C_1. \quad (8)$$

После разделения переменных и интегрирования

$$y = -\frac{qx^2}{2H} + C_1x + C_2. \quad (9)$$

При $x = 0$, $y = 0$, следовательно, и $C_2 = 0$.

В уравнении (8)

$$\frac{dy}{dx} = -\text{ctg } \alpha,$$

В точке A

$$\text{ctg } \alpha = \frac{V_A}{H_A},$$

где

$$V_A = P + \frac{ql}{2}. \quad (10)$$

Из уравнения (8) с учетом (10) при $x = 0$, $y = 0$ получим

$$C_1 = \frac{P + ql/2}{H},$$

тогда

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{qx^2}{2H} + \frac{P + ql/2}{H} x.$$

Здесь $H = H_A$ в любой точке нити.

После разделения переменных и интегрирования уравнение параболы AC_1 окончательно примет вид

$$y = -\frac{qx^2}{2H} + \left(\frac{P}{H} + \frac{ql}{2H} \right) x. \quad (11)$$

Пренебрегая перемещением точки C в направлении оси x стрелу провеса нити в точках приложения сосредоточенных сил (при $x = a$) можно определить по формуле

$$f_c = \frac{P + ql/2(l-a)}{H} a. \quad (12)$$

Смещение точки C после приложения сосредоточенной силы с учетом (12) и (11)

$$\Delta f_c = a \left[\frac{P}{H} + \frac{q}{2} (a+b) \left(\frac{1}{H} - \frac{1}{H_0} \right) \right]. \quad (13)$$

Рассмотрим параболу C_1D_1 . Уравнение ее по аналогии с (8)

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{qx}{H} + \frac{P}{H} + D_1. \quad (14)$$

После разделения переменных и интегрирования

$$y = -\frac{qx^2}{2H} - \frac{P}{H}x + D_1x + D_2. \quad (15)$$

Значение D_1 найдем из уравнения (14) при $x = \frac{l}{2}$ и $\frac{dy}{dx} = 0$:

$$D_1 = \frac{P}{H} + \frac{ql}{2H}. \quad (16)$$

Постоянную интегрирования D_2 найдем, используя уравнения (11) и (15) при $x = a$, когда ордината кривых AC_1 и C_1D_1 общая. С учетом (16) после преобразований

$$D_2 = \frac{P}{H}a. \quad (17)$$

Уравнение (15) с учетом (16) и (17) после преобразований

$$y = -\frac{qx^2}{2H} + \frac{ql}{2H}x + \frac{P}{H}a. \quad (18)$$

По уравнениям (11) и (18) можно определить ординату (стрелу провеса) гибкой нити (лежащая запани) в любой точке. Например, в середине пролета, когда $x = \frac{l}{2}$,

$$y = f_{max} = \frac{ql^2}{4H} + \frac{Pq}{H}. \quad (19)$$

Составляющую H определим в предположении, что лежень запани нерастяжим, а следовательно, длина нити AB (3) равна суммарной длине ветвей AC_1 , C_1D_1 , D_1B .

Используя в зависимости (3) два первых слагаемых в правой части с учетом (2), получим:

$$S_{AB} = l + \frac{q^2l^3}{24H_0^2}. \quad (20)$$

Для определения длины нити по участкам при наличии сосредоточенных сил используем зависимость

$$dS^2 = dx^2 + dy^2$$

или

$$S = \int_0^x \sqrt{1 + y'^2} dx. \quad (21)$$

Для кривой AC_1 (11) при изменении x от 0 до a

$$y = -\frac{qx}{H} + \frac{P + ql/2}{H}.$$

Обозначим

$$K = \frac{P + ql/2}{H} \quad (22)$$

и введем новую переменную $z = K - \frac{qx}{H}$,

тогда

$$dz = -\frac{q}{H} dx; \quad dx = -\frac{H}{q} dz.$$

Уравнение (21) примет вид

$$S_{AC_1} = -\frac{H}{q} \int_0^a \sqrt{1 + z^2} dz.$$

Разложим подынтегральную функцию в ряд Тейлора

$$\sqrt{1+z^2} = 1 + \frac{1}{2}z^2 - \frac{1}{8}z^4 + \dots$$

Используя два первых члена ряда после интегрирования, получим окончательно:

$$AC_1 = \frac{H}{q} \left[\frac{K^3}{6} + \frac{qa}{H} - \frac{1}{6} \left(K - \frac{qa}{H} \right)^3 \right]. \quad (23)$$

Для кривой C_1D_1 (18) при изменении x от a до $a+b$

$$\dot{y} = -\frac{qx}{H} + \frac{ql}{2H}.$$

Введем новую переменную $z = \dot{y}$, обозначив

$$\frac{ql}{2H} = \Pi. \quad (24)$$

Тогда

$$dz = -\frac{q}{H} dx; \quad dx = -\frac{H}{q} dz.$$

Уравнение (21) примет вид

$$S_{C_1D_1} = -\frac{H}{q} \int_a^{a+b} \sqrt{1+z^2} dz$$

или окончательно

$$S_{C_1D_1} = \frac{H}{q} \left[\frac{qb}{H} - \frac{1}{6} \left(\Pi - \frac{q(a+b)}{H} \right)^3 + \frac{1}{6} \left(\Pi - \frac{qa}{H} \right)^3 \right]. \quad (25)$$

Суммарная длина лежня

$$S_{AB} = 2S_{AC_1} + S_{C_1D_1}$$

или

$$S_{AB} = \frac{H}{q} \left[\frac{K^3}{3} + 2 \frac{qa}{H} - \frac{1}{3} \left(K - \frac{qa}{H} \right)^3 + \frac{qb}{H} - \frac{1}{6} \left(\Pi - \frac{q(a+b)}{H} \right)^3 + \frac{1}{6} \left(\Pi - \frac{qa}{H} \right)^3 \right].$$

Заменим K и Π их выражениями по (22) и (24). После преобразований окончательно получим

$$S_{AB} = l + \frac{(P+ql/2)^3 - (P+qb/2)^3}{3qH^2} + \frac{q^2b^3}{24H^2}. \quad (26)$$

Левые части уравнений (20) и (26) равны, следовательно, равны и правые части:

$$\frac{q^2l^3}{8H_0^2} = \frac{1}{H^2} \left[\frac{(P+ql/2)^3 - (P+qb/2)^3}{q} + \frac{q^2b^3}{8} \right].$$

Отсюда после преобразований

$$H = H_0 \sqrt{\left(1 + \frac{2P}{ql} \right)^3 - \left(\frac{b}{l} + \frac{2P}{q} \right)^3 + \left(\frac{b}{l} \right)^3}. \quad (27)$$

Таким образом получены все необходимые зависимости для расчета лежня запани и береговых опор с учетом сосредоточенных сил. Усилия в канатах лежня

$$T = \sqrt{H^2 + (P + ql/2)^2}. \quad (28)$$

Угол с осью y для разбивки на местности береговых (русловых) опор

$$\alpha = \arctg \frac{H}{P + ql/2}. \quad (29)$$

Поступила 2 июля 1987 г.

УДК 630*377.44.004.6(083.75)

К ОЦЕНКЕ ПОТОКОВ ОТКАЗОВ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ПАРКА МАШИН

Ю. П. КОНОНОВ

СевНИИП

Современные методы расчета показателей надежности изделий машиностроения и потребности в запасных частях базируются на положениях теории вероятностей и предполагают, что известны статистические характеристики потоков отказов деталей. Для получения их требуется провести трудоемкие и длительные по времени наблюдения как при пассивном, так и при активном экспериментах.

В ряде случаев, основываясь на общих закономерностях отказов деталей, удается получить эти характеристики имитационным моделированием на ЭВМ процессов отказов и восстановления изделий.

В нашей статье рассмотрен метод статистического моделирования (СМ) процессов отказов и замен деталей для парка машин, работающих в достаточно близких условиях эксплуатации (работы, технического обслуживания и ремонта, обеспечения запасными частями и т. п.).

Принципы СМ на ЭВМ производственных и других физических процессов с произвольными потоками событий подробно описаны в работах [1, 3].

Разработка схемы СМ предложенной модели включала следующие этапы: описание алгоритма функционирования различных блоков операционной системы; выбор метода генерации случайных чисел; задание начальных условий моделируемого процесса; определение числа прогонов имитационной модели при одних и тех же наборах описывающих систему параметров или продолжительности имитационного процесса; определение переменных значений, которые подлежат измерению и обработке; выбор метода обработки результатов СМ; составление программы расчета для ЭВМ.

Схема имитационной модели приведена на рис. 1.

Рассматриваем парк машин из z единиц. В процессе работы в момент времени t_j происходит отказ детали на i -й машине. Для упрощения процесса и исключения из рассмотрения времени простоя на замену детали текущее время будем измерять в единицах наработки. Принимаем, что в начальный момент СМ данная деталь имеет наработку $t_{н.}$ Процесс работы машин, отказов и замен деталей продолжается непрерывно во времени до некоторого заданного момента $t_{пр.}$ Если моменты отказов деталей расположить на общей оси времени, то получим поток отказов для всего парка машин. Определяя на общей оси интервалы времени между очередными отказами деталей $T_1, T_2, \dots,$