Компьютерная поддержка оптимизации раскроя бревен на пиломатериалы существенно улучшает использование внебрусовых зон и зон сбега пиловочного сырья, при этом увеличивается выпуск обрезных досок.

Математические модели древесных стволов, хлыстов, бревен являются теоретической основой для решения и других научно-практических задач компьютеризации технологий лесного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Аккхом Туналом. Исследование древесных стволов, составление объемных и сбеговых таблиц для насаждений красного дерева Лаоса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 1986. – 7 с . [2]. Бугаев Ю.В., Петровский В.С. Систематика моделей раскроя лесоматериалов в технологии переработки древесины // Технология и оборудование деревообрабатывающего производства: Межвуз. сб. тр. ЛТА. – 1986. – Вып. 14. – С. 1 – 3. [3]. Математическое моделирование пиловочного сырья / В.С. Петровский, П.В. Пономаренко, А.И.Соколов, С.А. Арутюнян // Сб. материалов по итогам НИР СТИ. – Красноярск, 1971. – С. 23. [4]. Петровский В.С. Автоматическая оптимизация раскроя древесных стволов. – М: Лесн. пром-сть, 1970. – 183 с. [5]. Петровский В.С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов. – М: Лесн. пром-сть, 1989. – 288 с. [6]. Петровский В.С., Данг Зуй Шо. Применение ЭВМ для определения запаса сортиментов в древостоях // Лесн. хоз-во. – 1984. – № 7. – С. 26. [7]. Пхомпхипхак Пхет. Компьютерная поддержка технологий первичной обработки лесоматериалов в лесном комплексе Лаоса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 1993. [8]. Фернандо Ф.Б. Исследование формы древесного ствола, составление объемных и сбеговых таблиц для насаждений сосны карибской: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ворнеж: ВЛТИ, 1985. – 5 с.

Поступила 14 июня 1994 г.

УДК 630*377.44

В.И. КУЧЕРЯВЫЙ

Ухтинский индустриальный институт

Кучерявый Василий Иванович родился в 1953 г., окончил в 1977 г. Ленинградскую лесотехническую академию, в 1991 г. Ленинградский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов Ухтинского индустриального института. Имеет около 40 печатных работ в области разработки новых методов расчета прочности и прогнозирования надежности лесозаготовительных машин (ЛЗМ), вероятностного проектирования и статистической динамики конструкций ЛЗМ, моделирования на ПЭВМ ресурса деталей и прогнозирования их потребности.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН ПРИ ДИСКРЕТНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Приведено численное решение вероятности неразрушения детали методом статистического моделирования на ПЭВМ для случая, когда нагрузка – дискретная случайная величина, размер сечения нормально распределен, а предел прочности имеет трехпараметрическое распределение Вейбулла.

The numerical solution of a part's nondestruction probability by a PC-based static simulation method for a case when a load is a discrete random variable, a section dimension is normally distributed a strength limit having a 3-variabte Veibull distribution, has been cited.

Многие детали лесотранспортных, сучкорезных и валочно-пакетирующих машин в процессе эксплуатации подвергаются дискретным случайным воздействиям. По совокупности однотипных деталей их конструктивные параметры – величины случайные. Для оценки надежности детали на этапе проектирования можно принять вероятность неразрушения (ВН) R. Величина $\overline{R} = 1 - R$ представляет собой вероятность отказа и может колебаться в весьма широких пределах при одном и том же коэффициенте запаса прочности. Зная показатель R, можно оценивать затраты на гарантийное обслуживание, разрабатывать программы технического обслуживания и прогнозировать политику замены деталей.

Проиллюстрируем реализацию алгоритма на следующем примере. На деталь круглого поперечного сечения диаметром d, работающей на одноосное растяжение – сжатие, действует дискретная случайная нагрузка $\widetilde{P}$, заданная рядом распределения, который приведен в таблице. Допускаем, что диаметр $\widetilde{d}$ является случайной величиной

Частное значение случайной нагрузки, МН	Вероятность, отвечающая случайной нагрузке
0,15	0,10
0,25	0,25
0,35	0,50
0,45	0,15

(СВ) и имеет нормальное распределение, а СВ предела прочности материала детали $\widetilde{\sigma}_0$ подчиняется трехпараметрическому распределению Вейбулла с функцией распределения (ФР):

$$F(\sigma_0) = 1 - \exp\{-[(\sigma_0 - \delta)/(\theta - \delta)]^{\beta}\},\ \sigma_0 \geq \delta \geq 0, \qquad (1)$$

где δ – параметр усечения, т.е. значение предела прочности, ниже которого вероятности равны нулю;

$\theta - \delta$ – параметр масштаба;

β – параметр формы.

При этих условиях требуется найти R. Следуя методике В.В. Болотина, А.Р. Ржаницына (модель статической надежности), запишем функцию прочности $\tilde{y}$ для опасной точки поперечного сечения детали как разность СВ:

$$\tilde{y} = \tilde{\sigma}_0 - \tilde{\sigma} = \tilde{\sigma}_0 - (4\tilde{P} / (\pi \tilde{d}^2)). \tag{2}$$

Если в выражении (2) все СВ непрерывные, то вначале получают плотность вероятности $p(y)$, а затем находят параметры R и $\overline{R}$ с помощью интегралов:

$$R = \int_0^{+\infty} p(y)dy \; ; \; \overline{R} = \int_{-\infty}^{0} p(y)dy. \tag{3}$$

Рассмотренный случай нахождения R не поддается аналитическому решению, поскольку в выражении (2) $\tilde{P}$ – дискретная СВ. Поэтому предлагается приближенное определение R методом статистического моделирования*. Порядок решения алгоритма следующий. На основании таблицы моделируют распределение $\tilde{P}$ по ФР:

$$\{P_i\}_n = \begin{cases} 0{,}15 \text{ МН при } (0 \le r_i < 0{,}10); \\ 0{,}25 \text{ МН при } (0{,}10 \le r_i < 0{,}35); \\ 0{,}35 \text{ МН при } (0{,}35 < r_i < 0{,}85); \\ 0{,}45 \text{ МН при } (0{,}85 \le r_i < 1{,}00), \end{cases} \tag{4}$$

где r_i – реализации случайных чисел, равномерно распределенных в отрезке [0,1].

На основании метода обратной ФР F^{-1} (r_i) по (1) получают моделирующую формулу для предела прочности:

$$\{\sigma_{0i}\}_n = (\theta - \delta)(-\ln\{r_i\}_n)^{1/\beta} + \delta. \tag{5}$$

Для моделирования распределения $\tilde{d}$ по нормальному закону вначале генерируют последовательность нормативных нормальных чисел по соотношениям

$$\begin{aligned} z_i &= (-2\ln r_i)^{1/2}\cos(2\pi r_{i+1}); \\ & \qquad i = 1, 3, 5, \ldots \\ z_{i+1} &= (-2\ln r_i)^{1/2}\sin(2\pi r_{i+1}); \end{aligned} \tag{6}$$

затем используют линейное преобразование

$$\{d_i\}_n = \overline{d} + \{z_i\}_n s, \tag{7}$$

где $\overline{d}, s$ – математическое ожидание (МО) и среднее квадратичное отклонение диаметра соответственно.

---

* Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – 320 с.

Алгоритм реализован на ПЭВМ (язык Турбо Бейсик). Генерирование последовательности равномерно распределенных случайных чисел $\{r_i\}_n$ осуществляют с помощью оператора $RND(x)$. Аргументы $\tilde{\sigma}_0, \bar{P}, \bar{d}$ в выражении (2) считают независимыми СВ. По формулам (4) - (7) получают одну реализацию для каждого из аргументов и далее по (2) – одну реализацию y_i. В таком же порядке находят все последующие реализации $\tilde{y}$. В результате смоделирована случайная числовая последовательность (СЧП) $\{y_i\}_n$ при следующих исходных данных: θ = 300 МПа, δ = 190 МПа, β = 3; $\bar{d} = 50 \cdot 10^{-3}$м, $s = 6 \cdot 10^{-3}$м. СЧП $\{y_i\}_n$ представлена в виде гистограммы. Область изменения функции прочности $\tilde{y}$ (МПа) разбита на 14 интервалов: [-200; -160), [-160; -120), [-120; - 80), [- 80; - 40), [- 40; 0), [0; 40), [40; 80), [80; 120), [120; 160), [160; 200), [200, 240), [240, 280), [280; 320), [320; 360). Объем выборки n =1000 значений. Значения частот n_j (j = 1,..., 14) для каждого интервала: n_1 = 1, n_2 = 1, n_3 = 6, n_4 = 21, n_5 = 118, n_6 = 82, n_7 = 155, n_8 = 182, n_9 = 122, n_{10} = 71, n_{11} = 168, n_{12} = 36, n_{13} = 33, n_{14} = 4. Сумма частостей (n_j / n) для положительных значений $\tilde{y}$ (0; 320) представляет искомое значение ВН, равное R= 0,853. Сумма частостей для отрицательных значений $\tilde{y}$ (-160; 0) есть вероятность отказа, равная $\bar{R}$ =0,147. Полученный статистический ряд является аналогом плотности вероятности $p(y)$, а параметры R и $\bar{R}$, найденные в результате моделирования на ПЭВМ, – приближенными значениями интегралов (3). При многократном генерировании выборок заданного объема на ПЭВМ R и $\bar{R}$ меняются незначительно.

Зная R как параметр статической модели надежности (случай однократного приложения нагрузки), можно перейти к вероятности безотказной работы детали $R(t)$, если принять, что дискретные воздействия образуют поток, а интервалы между моментами приложения нагрузки имеют распределение Пуассона с МО α (цикл/ч):

$$R(t) = R + (1 - R) \exp (- \alpha t), \tag{8}$$

где t – время эксплуатации детали (наработка), ч.

Например, при наезде на единичные неровности дороги или волока со случайной амплитудой детали ходовой части лесотранспортных средств испытывают дискретные потоки нагрузок. Уравнение (8) позволяет выполнять прогноз потребного числа запасных частей.

Если проектируемые детали лесных машин испытывают другой вид дискретного случайного нагружения и конструктивные параметры распределяются по иным законам, то моделирование R осуществляется аналогично с изменением только отдельных блоков программы.

Поступила 19 октября 1994г.