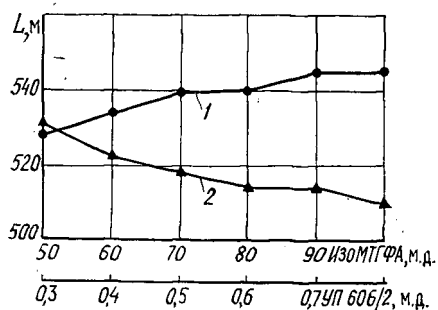


Рис. 3. Зависимость длины шлифования  $L$  от содержания компонентов эпоксидного увлажнителя за период стойкости абразивных кругов при обработке асбестоцемента: 1—50 м. д., ИзоМТГФА на 100 м. д. ЭД-20; 2—0,5 м. д. УП 606/2 на 100 м. д. ЭД-20



щий состав эпоксидной композиции, м. д.: ЭД-20 — 100, ИзоМТГФА — 50 и УП 606/2 — 0,5. Такой состав увлажнителя абразива обеспечивает высокую технологичность абразивной массы, незначительную ее усадку в процессе полимеризации, а также высокую твердость и водостойкость инструмента. Увлажнитель характеризуется низкой вязкостью и, проникая в поры и микротрещины абразивного зерна, в значительной степени повышает смачиваемость его поверхности, что обеспечивает хороший контакт между абразивным материалом и связующим за счет адгезионных сил сцепления, обуславливающих прочность композиции в целом.

Абразивные круги, изготовленные с применением разработанного эпоксидного увлажнителя, внедрены на Мукачевской экспериментальной лыжной фабрике для шлифования армирующих и отделочных материалов лыж. Шлифование производили с подачей в зону резания водной СОЖ, что позволяет существенно повысить производительность и качество обработки, значительно улучшить условия труда. Фактический годовой экономический эффект от применения разработанного инструмента составил в 1987 г. 41,7 тыс. р.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. № 527458 СССР. Эпоксидная композиция / М. Ф. Стецюк и др.— Бюл. № 33 // Открытия. Изобретения.— 1980.— № 33. [2]. Густы Е. Я., Голка В. С. О разработке новой связки для абразивных цилиндров // Комплексное использование древесного сырья и внедрение безотходных технологий в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Тез. докл. науч.-техн. конф.— Ивано-Франковск, 1985.— С. 93. [3]. Справочник по пластическим массам. Т. 2 / Под ред. В. М. Катаева, В. А. Попова, Б. И. Сажина.— М.: Химия, 1975.— 568 с.

Поступила 16 мая 1988 г.

УДК 62-791.8 : 674.038.6

### МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СОРТИРОВКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

В. В. ХАРИТОНОВ, Б. Г. СТАРОДУБЕЦ

Московский лесотехнический институт, ЦНИИМЭ

Один из важнейших показателей надежности технических объектов и технологических процессов — средняя наработка на отказ. Критерии отказов для класса систем управления техническими объектами и технологическими процессами характеризуются совокупностью признаков неработоспособного состояния функциональных блоков, современный уровень создания которых основан на использовании средств вычислительной техники.

При эксплуатации систем управления имеют место перемежающиеся отказы, обусловленные сбоями в работе дискретных элементов из-за «провалов» напряжения электропитания. Среднюю наработку на сбой для средств вычислительной техники регламентируют по ГОСТ 21552—76 рядом значений, обоснование и включение которых в нормативно-техническую документацию для конкретных систем управления следует проводить с учетом области их применения и условий эксплуатации. Наряду с этим, предусматриваемые, как правило, технические средства и схемные решения не являются абсолютной гарантией предотвращения сбоев. Указанное обстоятельство приводит к необходимости разработать расчетный метод оценки максимально допустимого числа сбоев систем управления и безотказности их функционирования в течение заданного времени работы (или времени выполнения установленного объема работ). Методологической основой могут служить положения ГОСТ 27.202—83 и ГОСТ 27.204—83, которые позволяют увязать оценочные параметры надежности систем управления с производительностью технологического оборудования, использующего системы управления, а также с совокупностью размерно-качественных признаков объекта труда.

Предлагаемый метод оценки надежности систем управления разработан применительно к автоматизированному процессу сортировки штучных грузов, в частности, круглых лесоматериалов. Особенность данного технологического процесса — значительная номенклатура наименований круглых лесоматериалов (сортиментов), различающихся как по качественным, так и по размерным признакам [2].

Распределение сортиментов по лесонакопителям зависит от плана их поставок на каждом конкретном предприятии. Соответствие лесонакопителей наименованиям сортиментов (в том числе — длинам) остается неизменным за определенный период эксплуатации лесотранспортера. Например, габариты накопителей для соответствующих длин сортиментов могут изменяться лишь в процессе реконструкции технологического участка. Для массовых (имеющих наибольший выход по объему) сортиментов выделяют два или три лесонакопителя.

Так, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке для хвойного пиловочника длиной 5,5 и 6,5 м предусмотрено по три лесонакопителя, а в Европейской части СССР для хвойного пиловочника длиной 4,0 м — по два [1].

Наименование адресации сортиментов с использованием сдвоенных и строенных лесонакопителей производят по мере их заполнения с целью обеспечения ритмичности процесса сортировки.

Следовательно, общее число накопителей  $n$  распределяется следующим образом:

$$n = n_1 + n_2 + n_3, \quad (1)$$

где  $n_1$  — число накопителей, каждому из которых соответствует определенное наименование сортиментов, совокупность которых можно характеризовать средним объемом бревна  $q_1$ ;

$n_2$  — число сдвоенных накопителей для наименований сортиментов, характеризующихся средним объемом бревна  $q_2$ ;

$n_3$  — число строенных накопителей для наименований сортиментов, характеризующихся средним объемом бревна  $q_3$ .

Число лесонакопителей  $n_1$ , в свою очередь, соответствует  $n_1$  наименований сортиментов,  $n_2$  —  $\frac{n_2}{2}$  наименований,  $n_3$  —  $\frac{n_3}{3}$  наименований.

Наличие сбоев в процессе функционирования систем управления (независимо от их принципа действия) может обуславливать относительную погрешность  $\delta$  сортировки бревен по объему из-за неправильной адресации их в накопители. Параметр  $\delta$  целесообразно от-

нести в процентах к минимальному объему  $Q$  партии сортиментов определенного наименования и сорта, отгружаемой одному потребителю. Например, при сухопутной поставке сортиментов значение  $Q$  соответствует объему одного железнодорожного вагона. Число неправильно отсортированных бревен из-за наличия сбоев в системе управления, обуславливающих погрешность  $\delta$  на партиях  $Q$  для каждой совокупности наименований сортиментов  $n_1$ ,  $\frac{n_2}{2}$  и  $\frac{n_3}{3}$ , равно

$$\Delta_i = \frac{\frac{n_i}{i} \delta Q}{100}, \quad \text{где } i = 1, 2, 3. \quad (2)$$

Исходя из расчетного числа рабочих смен, необходимых для выработки объемов  $Q$  наименований сортиментов  $n_1$ ,  $\frac{n_2}{2}$  и  $\frac{n_3}{3}$ , общее для  $n$  лесонакопителей предельно допустимое число сбоев системы управления за время смены равно

$$S = \frac{\delta \Pi \sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{iq_i}}{100 \sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{i}} = \frac{\delta F \sum_{i=1}^3 q_i \frac{n_i}{i} \sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{iq_i}}{100 \left( \sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{i} \right)^2}. \quad (3)$$

Здесь  $\Pi = \frac{25 \cdot 200 k_T k_0 V_T}{l_{cp}}$   $q_{cp} = F q_{cp}$  — сменная производительность сортировочного лесотранспортера, м<sup>3</sup>/смену;  
 $k_T$  — коэффициент загрузки лесотранспортера;  
 $k_0$  — коэффициент, учитывающий простои лесотранспортера в ежесменном техническом обслуживании;  
 $V_T$  — скорость движения тягового органа лесотранспортера, м/с;  
 $l_{cp}$  — средняя длина сортимента, м;

$$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 q_i \frac{n_i}{i}}{\sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{i}} \quad \text{— средний объем бревна для полной совокупности наименований сортиментов, м<sup>3</sup>}. \quad (4)$$

В формуле сменной производительности число 25 200 характеризует продолжительность семичасовой рабочей смены в секундах, поскольку параметр  $V_T$  имеет размерность м/с.

Параметр  $\delta$  в формуле (3) может быть выбран, исходя из требований к точности выборочного контроля количества и качества лесоматериалов. По ГОСТ 2292—74 предельная погрешность определения объема выборочной партии бревен составляет  $\pm 3\%$ . Параметр, задаваемый величиной более высокого порядка малости  $\pm 0,3\%$ , практически не повлияет на суммарную погрешность определения объема лесопроизводства для расчета с потребителями [3].

При значениях  $i = 1, 2, 3$  формула (3) примет вид

$$S = \frac{\delta F \left( q_1 n_1 + \frac{q_2 n_2}{2} + \frac{q_3 n_3}{3} \right) \left( \frac{n_1}{q_1} + \frac{n_2}{2q_2} + \frac{n_3}{3q_3} \right)}{100 \left( n_1 + \frac{n_2}{2} + \frac{n_3}{3} \right)^2}. \quad (4)$$

Для дальнейшего анализа множество распределений лесонакопителей  $n_1, n_2, n_3$  можно представить в виде матрицы

$$N = \begin{pmatrix} n_1 & n_1 & 0 & n_1 & n_1 & 0 & 0 \\ 0 & n_2 & n_2 & 0 & n_2 & n_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n_3 & n_3 & n_3 & n_3 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где  $n_1 = 1, 2, \dots, n$ ;  $n_2 = 2m$ ,  $m = 1, 2, \dots, \frac{n}{2}$ ;

$$n_3 = 3m, \quad m = 1, 2, \dots, \frac{n}{3}.$$

Столбцы соответствуют возможным распределениям лесонакопителей в каждом распределении с соблюдением условия (1).

В таблице приведены предельно допустимые значения  $S$  для различных  $n$ , характеризующихся распределением лесонакопителей ( $n_1, n_2, n_3$ ) при  $q_1 = 0,10$ ;  $q_2 = 0,15$ ;  $q_3 = 0,30$  (числитель) и  $q_1 = 0,15$ ;  $q_2 = 0,25$ ;  $q_3 = 0,35$  (знаменатель).

$n$	6	8	10	12	14	16	18	20
$S$ , ед./ смена	$\frac{8,3}{7,7}$	$\frac{8,2}{7,7}$	$\frac{8,6}{7,8}$	$\frac{8,3}{7,7}$	$\frac{8,8}{7,9}$	$\frac{8,5}{7,8}$	$\frac{8,8}{8,0}$	$\frac{8,6}{7,8}$

Верхние ограничения числа сбоев системы управления определяются, в основном, лишь взаимными отклонениями между  $q_1, q_2$  и  $q_3$ , мерой которых может служить среднеквадратичное отклонение.

Однако для практических целей целесообразно представить отклонения между  $q_1$  и  $q_2, q_2$  и  $q_3, q_1$  и  $q_3$  в виде безразмерных коэффициентов.

$$k_1 = \frac{q_2}{q_1}; \quad k_2 = \frac{q_3}{q_2}; \quad k_3 = k_1 k_2 = \frac{q_3}{q_1}, \quad (6)$$

не зависящих от среднего объема  $q_{cp}$  и количества лесонакопителей.

Для распределений лесонакопителей, исходя из условий нахождения максимумов предельно допустимых значений  $S$ , получим из (4):

$$S_{max}^{1;3} = \frac{\delta F}{100 \left(n_1 + \frac{n_3}{3}\right)^2} \left(n_1 + k_1 k_2 \frac{n_3}{3}\right) \left(n_1 + \frac{n_3}{3 k_1 k_2}\right); \quad (7)$$

$$S_{max}^{1;2;3} = \frac{\delta F}{100 \left(n_1 + \frac{n_2}{2} + \frac{n_3}{3}\right)^2} \left[ n_1^2 + \left(\frac{n_2}{2}\right)^2 + \left(\frac{n_3}{3}\right)^2 + \right. \\ \left. + \frac{n_1 n_2}{2} \left(\frac{1}{k_1} + k_1\right) + \frac{n_1 n_3}{3} \left(\frac{1}{k_1 k_2} + k_1 k_2\right) + \frac{n_2 n_3}{6} \left(\frac{1}{k_2} + k_2\right) \right]; \quad (8)$$

$$S_{max}^{1;2} = \frac{\delta F}{100 \left(n_1 + \frac{n_2}{2}\right)^2} \left(n_1 + k_1 \frac{n_2}{2}\right) \left(n_1 + \frac{n_2}{2 k_1}\right). \quad (9)$$

Характеристикой работоспособности системы управления сортировкой в течение продолжительности смены может служить вероятность безотказной работы

$$P(S) = 1 - \frac{Sq_{cp}}{P}. \quad (10)$$

После приведения формулы (10) к виду, аналогичному (4), получим:

$$P(S) = 1 - \frac{\delta \left( q_1 n_1 + \frac{q_2 n_2}{2} + \frac{q_3 n_3}{3} \right) \left( \frac{n_1}{q_1} + \frac{n_2}{2q_2} + \frac{n_3}{3q_3} \right)}{100 \left( n_1 + \frac{n_2}{2} + \frac{n_3}{3} \right)^2} \quad (11)$$

Вероятности безотказной работы системы управления в условиях максимальных значений  $S$  можно определить с использованием формул (7)–(9).

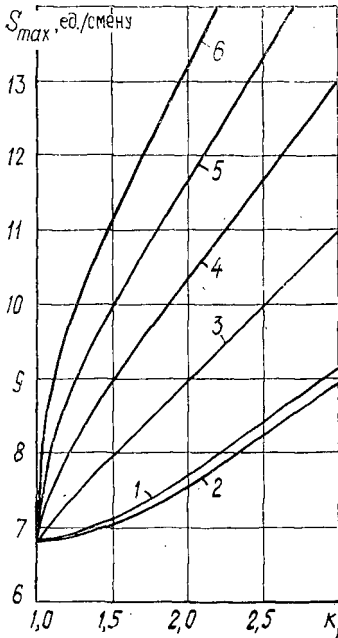


Рис. 1. Изменение  $S_{max}$  в зависимости от  $k_1$  при различных  $k_2$ : 1 —  $k_2 = 0$ ; 2 — 1,0, 3 — 1,5; 4 — 2,0; 5 — 2,5; 6 — 3,0

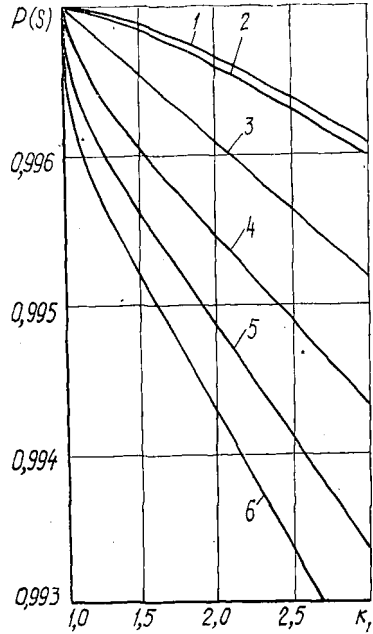


Рис. 2. Изменение  $P(S)$  в зависимости от  $k_1$  при различных  $k_2$ : обозначения те же, что и под рис. 1

На рис. 1 и 2 приведены графики изменения  $S_{max}$  и  $P(S)$ , рассчитанные по формулам (7), (8), (9), (11), в зависимости от  $k_1$  при фиксированных значениях  $k_2$ . Зависимости при  $k_2 = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$  и  $3,0$  соответствуют значениям  $S_{max}^{1;2;3}$  и  $P^{1;2;3}(S)$ , характеризующимся распределением лесонакопителей  $(n_1, n_2, n_3)$ , а при  $k_2 = 0$  — значениям  $S_{max}^{1;2}$  и  $P^{1;2}(S)$  для распределения лесонакопителей  $(n_1, n_2, 0)$ . Значения  $S_{max}^{1;3}$  и  $P^{1;3}(S)$ , соответствующие распределениям  $(n_1, 0, n_3)$ ,

определяют для соотношения  $\frac{q_3}{q_1} = k_1 k_2$  и находят (по графикам на рис. 1 и 2) на пересечениях ординат, проведенных из точек на оси абсцисс  $k_1$ , с кривыми  $k_2$ . Значения параметров, определяющих производительность сортировочного лесотранспортера типа ЛТ-86А, приняты в соответствии с нормативно-технической документацией:  $k_T = 0,6$ ;  $V_T = 0,8$  м/с;  $k_0 = 0,75$ ;  $l_{cp} = 4,0$  м;  $n = 18$ .

Как видно из графиков, в существующем на практике диапазоне отклонений между  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ , характеризующем комплексными зна-

чениями  $k_3 = k_1 k_2$  в пределах  $1,0 \dots 3,0$ , система управления должна обеспечивать вероятность безотказной работы в течение продолжительности смены не менее 0,996; пределы ограничений максимально допустимого числа сбоев составляют от 6 до 9 ед./смену.

Для систем управления сортировкой в составе лесотранспортера ЛТ-182, имеющего скорость тягового органа 1,2 м/с, значение  $S_{max}$  находится в пределах 4...6 ед./смену при обеспечении вероятности работы без сбоев за продолжительность смены не менее 0,998.

Предложенный метод, устанавливающий взаимосвязь между качеством функционирования системы управления сортировкой, распределением лесонакопителей по наименованиям сортиментов и изменчивостью средних объемов сортиментов, можно использовать на предварительном этапе обоснования структуры систем такого класса и нормирования показателей надежности.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Оптимальное размещение накопителей на сортировочном конвейере / Д. К. Воевода, Л. М. Китайник, В. Е. Кузнецов и др. // Вопросы оптимизации технологических процессов и параметров машин для лесных складов.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1976.— С. 29—38. [2]. Петровский В. С., Харитонов В. В. Автоматика и автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— С. 240. [3]. Стародубец Б. Г. Точностный анализ автоматизированного процесса учета объемов круглых лесоматериалов // Метрология.— 1984.— № 5.— С. 7—14.

Поступила 24 октября 1988 г.

УДК 691.116

### ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Л. М. КОВАЛЬЧУК, А. В. БАЛТРУШАЙТИС  
ЦНИИСК, Литовский НИИСиА

В пиломатериалах, используемых для изготовления деревянных конструкций, наиболее значимыми по встречаемости и влиянию на прочность конструкций дефектами строения древесины являются сучки. Выявлено [1, 6, 7], что дефекты неоднозначно влияют на прочность одно- и многослойных конструкций; последние обладают свойством снижать отрицательное влияние дефектов. Возрастание прочности многослойных клееных конструкций по сравнению с цельными однослойными объясняется рассредоточением сучков, приводящим к повышению однородности материала. Степень рассредоточения зависит от размеров сучков и количества слоев в элементе [4]. Однако в указанных работах не выявлена роль взаимного поддерживающего действия склеенных слоев и перераспределения напряжений в околосучковой зоне; не изучено влияние качества древесины на длительную прочность многослойных конструкций, однако для неклееных конструкций такая зависимость установлена [5].

В данной работе поставлена задача установить влияние взаимного поддерживающего действия склеенных слоев на распределение напряжений в околосучковой зоне и зависимость длительной прочности многослойных элементов конструкций от качества древесины.

При изучении взаимного поддерживающего действия слоев были испытаны на изгиб до разрушения парные модельные балки размером  $120 \times 160 \times 2140$  мм, склеенные из слоев древесины ели толщиной 32 мм. Сосредоточенные усилия прикладывали на расстоянии 750 мм от опор при пролете 2000 мм. Наиболее возможная идентичность парных балок была достигнута путем изготовления слоев из од-