

Расчеты выполнены для трех случаев технического состояния тележек и боковых рам. Первый – износ деталей букса-рама номинальный и нагрузка от корпусов букс на челюсти рам передается симметрично ( $T_{p1} = T_{p2}$ ). Второй – износ деталей букса-рама предельный, зазоры между сопрягаемыми деталями максимальны, от которых происходит перекося колесных пар и несимметричная передача нагрузки на челюсть рам ( $T_{p1} = \max, T_{p2} = 0$ ). И, наконец, третий – то же, что и второй случай, но в расчетных сечениях боковых рам находятся литейные дефекты.

Коэффициенты запаса сопротивления усталости боковых рам после 32 лет их эксплуатации для указанных выше трех режимов нагружения найдены по зависимости

$$n = \frac{\sigma_{aN}}{\sigma_{a3}} \geq [n], \quad (2)$$

где  $\sigma_{aN}$  – предел выносливости боковой рамы в состоянии после выработки назначенного срока службы при вероятности неразрушения 0,95;  $\sigma_{a3}$  – эквивалентные напряжения в наружном углу буксового проема от продольных сил, определяемые по зависимости (1);  $[n]$  – допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости,  $[n] = 1,4$ .

Предел выносливости натурной детали при вероятности неразрушения 0,95 определен по «Нормам для расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)».

Результаты расчета коэффициентов запаса сопротивления усталости боковых рам для наружных углов буксовых проемов после их длительной эксплуатации для трех режимов нагружения и состояния сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сводные данные характеристик боковой рамы тележки модели 18-100 после длительной эксплуатации

Вариант	Состояние боковой рамы	Величины $\sum_{i=1}^{10} \sigma_{pi}^m P_i$	Предел выносливости боковой рамы после $T_i = 32$ года $\sigma_{aN}$ , МПа	Эквивалентные напряжения $\sigma_{a3}$ , МПа	Коэффициент запаса сопротивления усталости $n$
1	Тележка с номинальными размерами деталей	64125344	35,6	29,6	1,2
2	Тележка с предельным износом рама-букса	108294173	35,6	33,7	1,056
3	Вариант 2 плюс наличие дефектов в сечении	263368242	35,6	42,0	0,847

Из таблицы 1 следует, что во всех трех случаях коэффициенты запаса сопротивления усталости ниже допускаемых значений  $[n = 1,4]$ . При этом определяющим фактором снижения несущей способности боковых рам является режим прохождения вагоном сортировочных горок и уровень динамических напряжений в них от продольных нагрузок. Хотя и техническое состояние тележек и качество литья рам также влияют на несущую способность рам, ибо снижают коэффициент запаса сопротивления усталости соответственно на 12 и 20 %.

УДК 629.4.027.4:620.179.16

## ИНТЕРАКТИВНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС «УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»

Л. А. СЕРГЕЕВА

Рижский технический университет, Латвия

Web-ориентированный интерактивный автоматизированный учебный комплекс «Ультразвуковой контроль металлоконструкций на железнодорожном транспорте» предназначен для теоретической подготовки к аттестации и сертификации специалистов, которые должны работать с разнообразной дефектоскопической техникой в процессе диагностирования рельсов, ответственных деталей и узлов подвижного состава, сварных стыков и др., а также заниматься расшифровкой результатов ультразвукового контроля.

В основу комплекса положена концепция предоставления соискателю возможности без отрыва от производства, в удобное время, в удобном для него месте, в подходящем темпе и в дружественной обстановке приобрести необходимые для получения сертификата теоретические знания без затраты дополнительных материальных средств и прочих ресурсов в сравнении с традиционной формой повышения квалификации. Приводится архитектура, функциональная схема комплекса, а также алгоритм работы пользователя. В качестве транспортной платформы используются корпоративные и глобальные IP-сети. Комплекс включает краткий теоретический курс, выполненный в виде слайдов, электронный тренажер и систему принятия решения.

Комплекс позволяет реализовать следующие функции: вести автоматизированное обучение и тренинг; выполнять независимый контроль полученных знаний и принимать решение; создавать отчеты по результатам проведенных тестов; создавать и редактировать контрольные тесты; дополнение и редактирование электронного пособия, а при необходимости – и контрольных тестов.

Комплекс включает три самостоятельных модуля: «Теоретические основы ультразвукового контроля», являющийся электронным вариантом курса лекций по базовым вопросам ультразвукового контроля; «Электронный тренажер», содержащий тесты для автоматизированной самопроверки; «Сертификация», с тестами типовых экзаменационных вопросов, способный оценить профессиональные знания по теории ультразвукового контроля и принимать решение.

Доступ к функциональным возможностям электронного комплекса предоставляется в соответствии с назначенными администратором правами, определяемыми статусом пользователя. Предусмотрена возможность изменять содержание любого учебного раздела, а также создавать и добавлять в базу знаний новые сведения, редактировать базу учебного материала (добавлять/удалять/изменять тесты, формировать критерии).

Комплекс работает под управлением любой операционной системы, имеющей оконный интерфейс, без установки дополнительного программного обеспечения. В системе имеется раздел помощи, в котором каждый пользователь может получить необходимую информацию и инструкции о порядке и методах управления программой. Предусмотрена защита, которая исключает возможность корректировки результатов контроля и несанкционированного изменения алгоритма ее работы.

Обучение осуществляется индивидуально и не требует обязательного присутствия преподавателя. Обучающий комплекс может быть использован как при первоначальном обучении операторов, так и при периодическом повышении квалификации. Модульный характер обучающего комплекса, унифицированная структура баз данных и унифицированный пользовательский интерфейс позволяют использовать его ядро в качестве универсальной CASE-системы для создания образовательных WEB-порталов в самых разнообразных областях знаний. Адаптация состоит в обновлении полноты таблиц баз данных, банка знаний и критериев оценки знаний соискателя.

УДК 539.538

## О ДОСТОВЕРНЫХ СОБЫТИЯХ ОТКАЗА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Л. А. СОСНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В работе [1] представлена многокритериальная двумерная функция вероятностей отказа сложных механических (трибофатических) систем в следующем общем виде:

$$P(\sigma, \tau_w) = \left( 1 - \exp \left\{ -C_V \frac{V_{P\gamma}}{V_0} \left[ \left( \frac{T_M}{T_0} \right)^{m_T} \frac{\sigma - \sigma_{-1min}}{\sigma_w} \right]^{m_T} - C_S \frac{S_{P\gamma}}{S_k} \left( \frac{\tau_{if}^{(1)} \Delta T}{\tau_d - \tau_w} \right)^{m_S} \right\} \right) \Lambda_p, \quad (1)$$

Методики определения всех параметров, содержащихся в (1), можно найти в литературе, например, [1]. Здесь обратим внимание на особую функцию  $\Lambda_p$  статистической взаимосвязи и взаимодействия повреждений, обусловленных нагрузками разной природы ( $\sigma$  – нормальные напряжения при изгибе,  $\tau_w$  – фрикционные напряжения при трении). Было установлено, что в зависимости от условий их взаимодействия, возможно следующее значение параметра:  $\Lambda_p < 1$  при преимущественном развитии процессов упрочнения;  $\Lambda_p > 1$ , когда преимущественным становятся процессы разупрочнения;  $\Lambda_p = 1$  – при «равновесии» указанных процессов. По экспериментальным данным работы [1] на рисунке 1 построены соответствующие