

дований свидетельствуют, что режим нагружения подшипников во время действия осевых усилий более интенсивный.

Будем считать, что вагон 30 % своего времени движения как в порожнем, так и груженом состояниях находится в кривых участках пути. Особенностью эксплуатации вагонов в опытном маршруте Роковатая – Ужгород является минимальный простой вагонов (как правило, не более 2–3 суток). Время движения в одном направлении не превышает 4 суток. Определенная при таких условиях скорость расходования ресурса составляет 0,63. Зная эту величину, можно решить задачу перерасчета результатов испытаний в опытном маршруте на обычные условия эксплуатации. Тогда 1 км пробега экспериментальных буксовых узлов вагонов в опытном маршруте эквивалентен 1,78 км пробега букс при нормальных условиях эксплуатации.

На основании вышеизложенного была разработана программа и методика проведения эксплуатационных испытаний опытных конструкций букс. Согласно программе эксплуатационные испытания опытных буксовых узлов проходили в реальных условиях эксплуатации в опытном маршруте Роковатая – Ужгород. Испытания предполагалось закончить при достижении опытными вагонами пробега 400 тыс. км.

На основании результатов испытаний выполнена оценка показателей надежности перспективных буксовых узлов и был сделан вывод о целесообразности использования на железных дорогах Украины конических кассетных подшипников.

УДК 629.46.004.67:51.001.57

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АГРЕГАТА ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕМОНТНОЙ ПОЗИЦИИ ГИБКОЙ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ РЕМОНТА ВАГОНОВ

В. В. МЯМЛИН

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта

Известно, что обычные поточные линии для ремонта вагонов могут быть достаточно наглядно представлены в виде простых систем массового обслуживания. Вместе с тем схема массового обслуживания не позволяет полностью охватить разнообразные элементы современных сложных производств. Да и разнородность описания отдельных элементов системы сильно усложняет модель всей системы. Такой схемой, которая может дать общее математическое описание для широкого класса производственных систем, к числу которых относятся и гибкие поточные линии для ремонта вагонов, является весьма абстрактная схема функционирования элемента сложной системы, называемая условно «агрегат». Единое описание всех элементов сложной системы при помощи схемы агрегата позволяет упростить процедуру её исследования.

Под агрегатом будем понимать математический объект, представляющий собой определённый универсальный преобразователь информации.

В данной работе в качестве элемента (подсистемы) гибкой поточной линии выбрана ремонтная позиция. Каждая позиция является динамической системой, куда в определённые моменты времени вводятся и откуда выводятся вещество, энергия и информация.

В работе будем придерживаться терминологии, принятой в теории массового обслуживания.

Агрегат условно представим в виде двух зон: зоны ожидания обслуживания и непосредственно зоны самого обслуживания. Зона ожидания имеет ограниченное число мест для ожидания, равное l . Зона обслуживания имеет количество параллельных каналов, равное n . В каждом канале может находиться только одно требование. Требование будет находиться в очереди до тех пор, пока не попадёт на обслуживание. Продолжительность обслуживания требования t является случайной величиной с заданной плотностью распределения $f(t)$.

Агрегат функционирует во времени, т. е. он является динамической системой. В каждый момент времени $t \in T$ система пребывает в одном из возможных состояний $z(t)$. Множество состояний системы будем обозначать $Z(t)$, $z(t) \in Z(t)$. Переход агрегата из состояния $z_1(t)$ в состояние $z_2(t)$ и так далее происходит за очень незначительный момент времени, практически равный нулю, т. е. скачкообразно.

Агрегат имеет вход и выход, а также управляющий сигнал. На вход агрегата в дискретные моменты времени $t_{вх}^*$ поступают входные сигналы x . Входной сигнал x принадлежит некоторому множеству X . Так, например, в качестве поступающих сигналов x может быть информация о том, что в очереди появилось новое требование (ремонтируемый вагон), которое нуждается в обслуживании, или, например, что требование уже поступило из очереди в обслуживающий канал, и можно приступить к обслуживанию.

Моменты времени получения входных, управляющих и выдачи выходных сигналов назовём «контрольными» моментами времени (t^*), а состояния агрегата в контрольные моменты времени – «критическими» состояниями $z(t^*)$. После критического состояния агрегат скачком может перейти в новое состояние.

На выход агрегата в дискретные моменты времени $t_{\text{вых}}^*$ поступают выходные сигналы y . Выходной сигнал y принадлежит множеству Y , $y \in Y$ и определяется по состоянию агрегата $z(t)$ при помощи оператора выхода E . В качестве выходного сигнала может быть, например, информация о том, что агрегат закончил обслуживание требования или, например, требование покинуло агрегат (один из каналов свободен). В дискретные моменты времени $t_{\text{упр}}^*$ агрегат может получать управляющие сигналы γ , которые являются элементами множества Γ , $\gamma \in \Gamma$.

Кроме состояния $z(t)$ будем также рассматривать и состояние $z(t+0)$. Условимся, что для всякого ($t_1 > t$) момент ($t+0$) находится в полуинтервале $(t, t_1]$. Для любого момента времени t состояние агрегата $z(t)$ может быть получено по предыдущим состояниям с помощью случайного оператора P . Вид оператора P будет зависеть от того, попадают ли в данный интервал контрольные моменты времени или не попадают. Если $z(t^*)$ – критическое состояние агрегата, $t_{\text{вх}}^*$ – момент поступления входного сигнала, а γ_i – последний управляющий сигнал, то $z(t_{\text{вх}}^*+0) = P_1[z(t^*), x, \gamma_i]$. Если $t_{\text{упр}}^*$ – момент прихода управляющего сигнала γ , то $z(t_{\text{упр}}^*+0) = P_2[z(t^*), \gamma]$. В случае одновременного поступления входного x и управляющего γ сигналов $z(t_{\text{вх,упр}}^*+0) = P_3[z(t^*), x, \gamma]$. Если $t_{\text{вых}}^*$ – момент выдачи выходного сигнала y , то $z(t_{\text{вых}}^*+0) = P_4[z(t^*), \gamma_i]$. В периоды между критическими состояниями $z(t)$ определяется при помощи операторов P_5 , вид которых зависит от критического состояния, являющегося для данного промежутка начальным состоянием $z(t) = P_5[z(t^*+0), \gamma_i, t]$. Здесь t^* – момент исходного критического состояния для данного интервала времени.

Возьмём в качестве состояния агрегата $z(t) \in Z(t)$ пару (v, z_v) . Параметр v назовём дискретной составляющей состояния или основным состоянием, а z_v – вектором вспомогательных координат. Дискретная составляющая v показывает общее количество требований (вагонов), находящихся в системе (на обслуживании и в ожидании обслуживания), $v = (0, 1, 2, \dots, k)$. Максимальная величина этого параметра определяется количеством обслуживающих каналов n на позиции и вместимостью зоны ожидания перед позицией i ; $k = (n + l)$. Параметр v может изменяться с единичной скоростью в сторону уменьшения или увеличения. Вектор z_v может иметь следующие координаты: $z_v = (\xi, \zeta)$, где $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_k, \dots, \xi_n)$ и $\zeta = (\zeta_1, \dots, \zeta_i, \dots, \zeta_l)$, а ξ_k – время, оставшееся до окончания обслуживания требования k -каналом; ζ_i – время, оставшееся до начала обслуживания i -го требования в очереди. В момент времени, когда ξ_k станет равным нулю (обслуживание требования окончено), происходит изменение состояния системы (скачок). Аналогично, когда ζ_i станет равным нулю (требование из очереди начало обслуживаться), также происходит изменение состояния системы (скачок).

Таким образом, математическая схема агрегата может быть положена в основу при разработке имитационных моделей работы гибких поточных линий для ремонта вагонов.

УДК 629.4.027.118

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ДИАМЕТРОВ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

В. В. ПИГУНОВ

Белорусский государственный университет транспорта

В современных конструкциях вагонов имеет место специализация колесных пар для грузовых и пассажирских вагонов. Однако она реализуется только за счет специализации колес. Ось является унифицированной по размерам для колесных пар грузовых и пассажирских вагонов.

В данной работе сделана попытка обосновать размеры оси колесной пары, специализированной для пассажирских вагонов, то есть для осевой нагрузки 177 кН (18 тс).

Для выполнения расчетов использовалась разработанная автором программа расчета оси колесной пары вероятностным методом. Данная программа позволяет выполнять варианты расчёты, исследовать зависимость показателей, характеризующих статическую прочность, усталостную прочность и надёжность, от конструктивных особенностей оси и осевой нагрузки.

Расчёты выполнялись для сплошной оси с цилиндрической средней частью и торцевым креплением подшипников шайбой. В качестве начального варианта рассматривалась ось типа РУШ с диаметрами шейки,