

В результате расчетов методом конечных элементов получены значения эквивалентных напряжений и деформаций для конструкции колеса. Установлено, что к наиболее нагруженной области относится область колесного диска вблизи ступицы колеса с внешней стороны, в которой в эксплуатации возникают трещины, приводящие к излому. Получено, что при $Y_6 < 130$ кН статическая прочность колесного центра из стали 20Л обеспечена для предельного значения коэффициента запаса, равного 1,3. В то же время при равенстве коэффициента 1,4 получим значение $Y_6 < 122$ кН, сопоставимое с результатами испытаний.

Таким образом, для обеспечения требуемого коэффициента запаса статической прочности боковое усилие на гребень бандажа колеса маневрового тепловоза ЧМЭЗ должно быть не более 122 кН, что для рассмотренного случая движения эквивалентно толщине гребня не более 32 мм. В то же время для обеспечения требуемого запаса устойчивости от схода колеса с рельса толщина гребня колес маневрового тепловоза серии ЧМЭЗ должна находиться в пределах от 25 до 30 мм. Исключением являются 2-я и 5-я колесные пары, для которых опасной в эксплуатации является толщина гребня менее 23 мм.

УДК 656.2.08:658.3

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

В. Г. БРУСЕНЦОВ, В. Г. ПУЗЫРЬ, О. В. БРУСЕНЦОВ

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков

Безопасность транспортного процесса – традиционно важнейшая задача железнодорожного транспорта, которая может и должна решаться на системном уровне. Будучи многофакторной, она требует постоянного внимания, ведь стоит упустить какой-либо аспект, на первый взгляд малозначимый, и конечная цель – безопасность – не будет достигнута.

При этом, естественно, прилагаемые усилия должны соответствовать значимости аспекта. Сегоднешние реалии на магистральных железных дорогах Украины (АО «Укрзалізниця») таковы, что безопасность транспортного процесса на 80 % и более определяется «человеческим фактором» [1]. Учитывая, что применяемые технические средства имеют очень высокую степень износа, долевое участие «человеческого фактора» в дальнейшем будет только расти. К этому добавляется усложнение условий труда, связанное с повышением скорости движения.

Важнейшей составляющей «человеческого фактора» является уровень профессиональной надежности работников локомотивных бригад, поскольку они непосредственно влияют на безопасность движения. Следовательно, этот уровень должен контролироваться, что определяет актуальность его объективной оценки [2]. Наличие такой оценки позволяет решить ряд задач: не допустить к выполнению ответственной деятельности человека с недостаточным на данный момент уровнем профессиональной надежности, а также проводить мониторинг существующего уровня для каждого работника с определением его динамики и прогнозированием изменений. Это позволит не допускать снижения уровня ниже порогового путем корректирующих и восстановительных воздействий.

Получение такой оценки затруднено рядом обстоятельств. Понятие «профессиональная надежность» является системным и включает ряд подсистем: медико-биологическую, психофизиологическую, квалификационно-образовательную, морально-волевую и функциональную. Таким образом, ее можно представить как взаимоопределяемое соотношение ряда факторов, которое может быть выражено в виде произведения степенных одночленов

$$C = Na \cdot Y^b \cdot Cz.$$

Отсюда следует, что конечный интегральный результат можно получить при различной вариации его составляющих путем реализации способности к компенсации недостаточного уровня одних составляющих повышенным уровнем других. При получении интегральной оценки сложность за-

ключается в том, что составляющие имеют качественные отличия и часто отсутствуют их количественные показатели.

Были проведены исследования по получению таких оценок на примере уровня функциональной надежности человека-оператора, которая определяется как свойство функциональных систем обеспечивать его динамическую устойчивость в исполнении профессиональной задачи в течение определенного времени и с заданным качеством. Необходимо учитывать, что функциональная надежность состоит из двух составляющих с различным временным периодом: длительной (базовой) и оперативной (текущей). Базовая составляющая остается постоянной в течение достаточно длительного промежутка времени (месяцы, сезон), а текущая (функциональное состояние) проявляется в виде «пиков», «спадов», «плато» на протяжении часов, дней. Таким образом, интегральная оценка уровня функциональной надежности является комбинацией характеристик базовой и текущей ее составляющих. Медленно меняющиеся в процессе накопления опыта профессионально важные качества определяют диапазон вариации функционального состояния, протекающего сейчас и быстро изменяющегося.

В качестве медленно изменяющихся параметров рассматривают, прежде всего, биологический возраст и уровень здоровья. Важность этих показателей определяется их влиянием на работоспособность человека, а также общим ухудшением их состояния у населения. Так, уровень здоровья в значительной степени определяет уровень функциональной надежности человека-оператора, его «запас прочности», возможность сохранять оптимальное функциональное состояние, в том числе в усложненных условиях. Чем он ниже, тем выше вероятность того, что работник окажется в состоянии пониженного уровня функциональной надежности (утомление, предболезнь или даже болезнь и т. п.). Известно, что низкий уровень профессионального здоровья является причиной большого числа ошибок оператора. На сегодня состояние здоровья железнодорожных операторов в Украине выглядит довольно пессимистично, что не удивительно на фоне общего снижения уровня здоровья жителей страны [3]. Работники с низким уровнем показателей физической работоспособности составляют значительную часть контингента.

Важность такого показателя, как «биологический возраст», определяется еще и тем, что со старением функциональные возможности организма снижаются, и интегрально работоспособность организма уже к 40 годам уменьшается в среднем в три раза [4]. Актуальность проблемы возрастает и из-за того, что при общем старении населения наблюдается очевидное повышение метрического возраста трудового контингента.

Функциональное состояние человека-оператора является важнейшим фактором, определяющим его профессиональную надежность. Это подтверждается тем, что нарушение состояния влечет за собой до 50 % случаев нарушений работоспособности операторов.

Такими образом, предлагается оперативную диагностику уровня функциональной надежности работников локомотивных бригад проводить на основе оценки более лабильной составляющей – функционального состояния, с учетом статуса обследуемого по долговременной составляющей [5]. При этом чем этот статус ниже, тем более жесткие требования должны предъявляться по функциональному состоянию, поскольку мы имеем дело с исходно меньшим запасом прочности.

Долговременная составляющая может быть основой для мониторинга статуса работника.

Уровень оперативной составляющей возможно определить с применением формулы

$$F_2 = \sum_{j=1}^{m_2} \beta_j z_j,$$

где z_j – психофизиологические параметры, характеризующие уровень высшей нервной деятельности; β_j – весовые коэффициенты, определяющие значимость показателей z_j .

Статус базовой составляющей можно определять с помощью кластерного анализа или аппарата искусственных нейронных сетей. На основе нейронной сети (сеть с обратным распространением ошибки на базе однослойного персептрона) был разработан программный продукт, позволяющий проводить классификацию [6]. Таким же образом можно получить интегральную оценку уровня профессиональной надежности работников локомотивных бригад, что позволит существенно снизить проблему «человеческого фактора» на железных дорогах и тем самым повысить безопасность эксплуатации подвижного состава.

Список литературы

- 1 Аналіз стану безпеки руху в структурі Державної адміністрації залізничного транспорту України за 2014 рік / Міністерство інфраструктури України. Державна адміністрація залізничного транспорту України. Головне управління безпеки руху. – Київ, 2015.
- 2 Сериков, В. В. Типы личностной надежности операторов подвижных человеко-машинных систем (на примере машинистов локомотивов) : дис. ... канд. псих. наук 19.00.03 / В. В. Сериков. – М., 2018. – 246 с.
- 3 Безугла, О. Р. Аналіз динамічних моделей стану здоров'я машиністів залізничного транспорту за даними проведення періодичних медичних оглядів / О. Р. Безугла, О. М. Очередько // Експериментальна і клінічна медицина [Електронний ресурс]. – 2015. – № 2. – С. 144–149. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/eikm_2015_2_29. – Дата доступу : 22.05.19.
- 4 Харьковлюк-Балакіна, Н. В. Зміни параметрів психофізіологічного потенціалу та працездатності людини при старінні / Н. В. Харьковлюк-Балакіна // Проблеми старения и долголетия, 2016. – № 4(25). – Київ. – С. 507–516.
- 5 Брусенцов, В. Г. Ергономічні основи контролю працездатності залізничних операторів як засобу підвищення надійності їх професійної діяльності : дис. ... д-ра техн. наук 05.01.04. / В. Г. Брусенцов. – Харків, 2013. – 359 с.
- 6 Брусенцов, О. В. Контроль рівня працездатності залізничних операторів як ергономічний засіб зниження виробничих ризиків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.01.04 / О. В. Брусенцов. – Харків, 2016. – 23 с.

УДК 656.212.5

ТЕХНОЛОГИЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. В. БУРЧЕНКОВ, И. В. АСАДЧИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов с одновременным сокращением эксплуатационных затрат необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования и мониторинга технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий, взаимосвязанных в локальные компьютерные сети.

Автоматическое измерение параметров колесных пар подвижного состава на ходу поезда может выполняться с помощью системы автоматического обмера колесных пар Комплекс-2, системы обнаружения дефектов колес по поверхности катания LASCA, системы автоматического обмера колёс АСОК, комплекса технических средств КТСМ-К. Эти системы измерения параметров колесных пар располагаются, в основном, перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и не обеспечивают непрерывный контроль подвижного состава в процессе движения, что является существенным недостатком указанных систем.

В настоящее время железные дороги ряда стран уделяют повышенное внимание внедрению технологий мониторинга, основанных на распределенных виртуальных акустических датчиках в оптоволокне. В волоконно-оптический кабель передаются световые импульсы высокой частоты с последующей оценкой отраженного сигнала. На длину отраженной волны оказывает влияние любая вариация физических или механических параметров брэгговской решетки. Это значит, что волоконные решетки Брэгга можно использовать для измерений таких физических величин, как давление, ускорение, смещение и т. п. Применение технических решений на основе волоконной брэгговской решетки FBG (Fibre Bragg Grating) подтвердило принципиальную пригодность оптоволоконных технологий для мониторинга технического состояния подвижного состава.

Принцип распределенного акустического зондирования DAS (Distributed Acoustic Sensing) основан на выявлении изменений в отражениях высокочастотных световых сигналов, посылаемых в кабель лазером. Эти изменения обусловлены воздействием на кабель внешних акустических сигналов низкой частоты. При этом волокно фактически преобразуется в набор виртуальных микрофонов, размещенных в кабеле. Амплитуда отраженного сигнала зависит от времени, прошедшего с момента отправки световых импульсов, что позволяет сделать выводы о физических изменениях в определенных участках оптического волокна и расстоянии от начала кабеля до места этих воздействий. Эти изменения обусловлены корпусным шумом и физическими вибрациями вблизи волоконно-оптического кабеля. Специально разработанные алгоритмы позволяют классифицировать причины изменений, основываясь на выделении обратного рассеяния из отраженного сигнала. Благодаря этому измеряемые сигнатуры могут быть преобразованы в полезную информацию.

На основе технологии DAS фирмой Frauscher Sensortechnik GmbH (AUSTRIA) разработана система акустического зондирования FAS (Frauscher Acoustic Sensing). Структурная схема FAS состо-