

Растяжки (обвязки) изготавливаются, как правило, из проволоки, которая при соударении вагонов может испытывать значительные деформации, поэтому они моделировались упругими связями, коэффициенты жесткости которых определялись из зависимостей, соответствующих одноосному растяжению прямолинейного стержня. В модели учтено трение, причем для заторможенной оси трактора: коэффициент трения качения принимается равным 0,1; для незаторможенной оси коэффициент трения резины по дереву 0,5. Причиной возникновения колебаний является торможение вагона с грузом, а также соударение вагона с грузом о стоящие вагоны (в модели соударение имитируется, как внезапная остановка платформы с размещенной на ней грузом).

В результате моделирования было выявлено, что при торможении центр масс груза сдвигается, а это ведет к изменению действующих на него сил. Перемещение центра масс груза по вертикали составило на первом периоде колебаний 121 мм, однако из-за упругости креплений максимальное его значение было достигнуто на втором периоде колебаний и составило 145 мм; в поперечной плоскости в момент удара перемещение центра масс составило 58 мм.

Максимальная вертикальная составляющая скорости центра масс оказалась равной 5,96 м/с. При ее гашении возникают большие силы в растяжках, что ведет к их пластической деформации и последующему провисанию.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения существующих и разработки новых схем крепления колесной техники на железнодорожном подвижном составе, обеспечивающих безопасность транспортировки, а также для внесения изменений в методику расчета средств креплений.

УДК 656.086

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В ЛОКОМОТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Д. В. ЛОМОТЬКО

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

А. Н. ГОРОБЧЕНКО

Донецкий институт инженеров железнодорожного транспорта, Украина

При оценке влияния человеческого фактора на безопасность движения в локомотивном хозяйстве важной задачей является получение аналитического выражения расчета вероятности транспортного происшествия (аварии, катастрофы и пр.) по вине локомотивной бригады. Это выражение предлагается в следующем виде: $P(\Pi) = P(C_i)k_{\text{лф}}$, где $P(C_i)$ – вероятность возникновения нештатной ситуации (НС) в процессе работы при данных условиях; $k_{\text{лф}}$ – коэффициент, учитывающий человеческий фактор ($0 < k_{\text{лф}} < 1$). Близость $k_{\text{лф}}$ к 1 означает самое неблагоприятное стечение обстоятельств, воздействующих на машиниста, которое максимально повышает вероятность брака в работе в данной НС. Смысл этого коэффициента состоит в том, чтобы дать комплексную оценку способности локомотивной бригады избежать или минимизировать последствия транспортного происшествия (ТП). Во-первых, необходимо определить, чем обусловлена такая способность, какие факторы влияют на то, что в одинаковых по сложности и подобных по обстоятельствам НС локомотивные бригады действуют по-разному и ТП либо происходит, либо его удается избежать. Таким образом, встает задача выявления и оценки сферы факторов, влияющих на величину $k_{\text{лф}}$. Анализируя спектр причин ТП по вине локомотивных бригад, их предложено классифицировать по группам: психофизиологическое состояние, уровень обучения, внешние неблагоприятные влияния.

Методика оценка психофизиологического состояния работников локомотивных бригад в настоящее время разработана. Например, в Украине введено психофизиологическое обследование с использованием различных тестов. Психофизиологическое состояние рабочего (ПСР) предлагается формализовать с помощью коэффициента $\mu_{\text{р}}$ – коэффициент результатов обследования. Определяется как среднеарифметическое оценок психофизиологических показателей (из личной карточки результатов обследования), приведенных к безразмерным величинам. Эту величину предлагается рассматривать как постоянную составляющую при получении текущего ПСР в условиях выполнения им операций по управлению и обслуживанию локомотива. Кроме того, на состояние рабочего влияет динамическая составляющая в виде внешних рабочих воздействий ($x_{\text{вн}}$). Таким образом, $\text{ПСР} = f(\mu_{\text{р}}, x_{\text{вн}})$. Перечень внешних воздействий достаточно обширный: про-

должительность работы, природно-климатические условия, отдых перед поездкой, время суток и т. д. Оценку величины $x_{\text{вн}}$ в первом приближении предлагается выполнять используя метод экспертных оценок. Для более точного определения необходимы дополнительные исследования вместе с медиками и психологами.

Оценка уровня обучения проведена на основе данных протоколов из дорожных технических школ Донецкой железной дороги. Целью анализа был ответ на вопрос: как уровень профессиональной подготовки влияет на безопасность движения. Осуществлен корреляционный анализ и обнаружена устойчивая связь двух множеств – значения среднего балла при сдаче квалификационных экзаменов локомотивными бригадами по годам и количеством ТП за рассматриваемый период. Для того, чтобы коэффициент корреляции адекватно отображал связь между количеством браков и уровнем подготовки локомотивных бригад, предлагается рассматривать показатели безопасности движения на год позднее, чем средние баллы бригад, которые будут поставлены им и соответствие. Это обуславливается тем, что после обучения проходит некоторое время до тех пор, когда машинисты и помощники машинистов не приступят к полноценному выполнению своих обязанностей. Для помощников это период адаптации к новым условиям работы, для машинистов – период обкатки и получения разрешения на самостоятельную работу на конкретных участках. Коэффициент корреляции получен равным $-0,799$, что говорит о существовании связи между повышением уровня подготовки локомотивных бригад и снижением количества браков (для Донецкой железной дороги).

Для аналитического выражения $k_{\text{лф}}$ установим влияние вышеприведенных параметров на состояние человека и способность ее принять все меры для избежания или минимизации последствий ТП. Имея в виду, что увеличение величины $k_{\text{лф}}$ повышает вероятность транспортного события, определим логическую структуру этого выражения с помощью следующих условий: 1 – увеличение показателя психофизиологического состояния рабочего по данным обследования $\mu_{\text{ро}}$ приводит к уменьшению величины $k_{\text{лф}}$; 2 – увеличение коэффициента внешних воздействий на локомотивную бригаду $x_{\text{вн}}$ приводит к увеличению величины $k_{\text{лф}}$; 3 – увеличение уровня подготовки локомотивных бригад (среднего балла C_6 по результатам обучения) приводит к уменьшению величины $k_{\text{лф}}$.

По результатам анализа существующих математических методов аппроксимации зависимостей установлено, что наиболее приемлемой в данном случае является экспоненциально-ступенчатая аппроксимация, т. е.

$$k_{\text{лф}} = 1 - \frac{5}{C_6} e^{-\frac{x_{\text{вн}}}{\mu_{\text{ро}}}},$$

где C_6 – средний балл по результатам обучения в дортехшколе или технических занятий в депо; 5 – максимальный балл по пятибалльной шкале оценивания знаний; $x_{\text{вн}}$ – коэффициент внешних воздействий на локомотивную бригаду; $\mu_{\text{ро}}$ – обобщенный показатель психофизиологического состояния рабочего по данным обследования.

Таким образом, с помощью предложенного подхода можно оценить влияние отдельных факторов, зависящих от человека, на развитие НС и вероятность возникновения ТП.

УДК 139.4

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГРАДИЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Н. А. МАРЬИНА,

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. А. МАРЬИН

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

Многослойные покрытия, характеризуются, как правило, периодически повторяющимися слоями из двух и более материалов. Толщина некоторых слоев может быть достаточно малой, но, несмотря на это, их влияние на триботехнические свойства материалов достаточно велико. Такие покрытия оказываются значительно тверже и прочнее, чем гомогенные покрытия из тех же материалов. «Градиентные» покрытия улучшают несущую способность, обеспечивая плавные изменения механических свойств от твердого покрытия к более мягкой и гибкой подложке. Контактная нагрузка в слоистых телах сопряжения распределяется в большей области и тем самым снижается концентрация предельных напряжений. Следует также отметить,