

должительность работы, природно-климатические условия, отдых перед поездкой, время суток и т. д. Оценку величины  $x_{вн}$  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  $k_{лф}$  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  $k_{лф}$  повышает вероятность транспортного события, определим логическую структуру этого выражения с помощью следующих условий: 1 – увеличение показателя психофизиологического состояния рабочего по данным обследования  $\mu_{ро}$  приводит к уменьшению величины  $k_{лф}$ ; 2 – увеличение коэффициента внешних воздействий на локомотивную бригаду  $x_{вн}$  приводит к увеличению величины  $k_{лф}$ ; 3 – увеличение уровня подготовки локомотивных бригад (среднего балла  $C_6$  по результатам обучения) приводит к уменьшению величины  $k_{лф}$ .

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

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

где  $C_6$  – средний балл по результатам обучения в дортехшколе или технических занятий в депо; 5 – максимальный балл по пятибалльной шкале оценивания знаний;  $x_{вн}$  – коэффициент внешних воздействий на локомотивную бригаду;  $\mu_{ро}$  – 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,

что покрытия триботехнического назначения прежде всего должны обеспечивать высокую износостойкость и стабильное фрикционное поведение материалов. Для выполнения этих требований необходимы высокая адгезия между покрытием и подложкой и хорошая несущая способность, т. е. способность материала сопротивляться нагрузке без пластических деформаций, растрескивания и расслаивания покрытий.

Численные исследования напряженно-деформированного состояния проводились для слоистой системы АПП(DLC)-Карбид Титана (TiC)-Титан(Ti)-Сталь при действии распределенной нормальной нагрузки и касательных усилий. Предполагается, что распределение нормальной нагрузки подчинено параболическому закону, а касательная нагрузка действует согласно закону Кулона  $q = fp$ , где  $f$  – коэффициент трения.

На основании проведенных исследований НДС для параметров слоистой композиции DLC-TiC-Ti-Steel (0,2 мкм – 0,6 мкм – 0,2 мкм) в зависимости от коэффициента трения можно заключить, что при увеличении коэффициента трения область максимальных касательных напряжений перемещается из слоя TiC в поверхностный слой АПП, а ее величина перепада напряжений на границе раздела TiC-Ti остается постоянной.

УДК 629.46.004.67:658.527

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ РЕМОНТА ВАГОНОВ ЗА СЧЁТ ПРИДАНИЯ ГИБКОСТИ ИХ СТРУКТУРЕ

В. В. МЯМЛИН

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна, Украина*

От надёжности работы поточного производства зависит его эффективность. На надёжность работы оказывает влияние большое количество различных факторов. В первую очередь следует выделить надёжность технологического оборудования и надёжность технологического такта.

В результате отказов технологического оборудования нарушается нормальный ход производственного процесса, и наступает отказ всей поточной линии. Особенно ярко это проявляется при отказе оборудования, входящего в состав «жесткой» поточной линии. Такая линия состоит из последовательно соединённых позиций, каждая из которых оснащена специализированным технологическим оборудованием. Как известно, общая надёжность системы, состоящей из последовательно соединённых элементов, равна произведению их надёжностей. Практически все существующие вагоноремонтные предприятия, которые были построены в период существования Советского Союза, имеют «жесткую» структуру вагоноборочных участков. Позиции для ремонта вагонов располагаются вдоль железнодорожных путей. При такой структуре вагоны можно ремонтировать и стационарным, и поточным методом. Как известно при поточном методе ремонта улучшается качество ремонта и повышается производительность труда. Поточный метод является более прогрессивным, чем стационарный.

Следует, однако, подчеркнуть, что в вагоноремонтном производстве имеются свои специфические особенности, игнорирование которых не позволяет ещё до сих пор осуществить массовое внедрение поточных методов при деповском ремонте вагонов и получить весомую отдачу там, где они уже внедрены.

Как правило, поточные линии имеют «жесткие» связи между позициями, и представляют собой многофазные одноканальные системы массового обслуживания. Движение вагонов по такому потоку осуществляется одновременно с помощью грузоведущего конвейера. Каждый вагон должен пройти поочередно через одни и те же ремонтные позиции. В случае отказа оборудования хотя бы на одной из позиций, происходит сбой такта всего потока. Кроме того, даже при условии надёжной работы технологического оборудования, в случае поступления вагона с повышенным объёмом работ может произойти сбой технологического такта на позиции, т. е. продолжительность простоя вагона на позиции превысит расчётную величину. Исходя из того, что трудоёмкости ремонта вагонов сильно отличаются между собой, организовать надёжный поток при таких условиях не представляется возможным. Поэтому надёжность таких поточных линий невелика.

Существенно повысить надёжность потока можно за счёт перехода к многофазной многоканальной системе массового обслуживания. Здесь можно даже говорить о сети массового обслуживания. Реализация такой системы на практике может быть осуществлена за счёт применения специальных архитектурно-технологических компоновок зданий, позволяющих перемещать вагоны между технологическими модулями в индивидуальном порядке, используя гибкую систему транспортировки, на-