

рованных фотоэлектрических модулей, CSP-систем, HCPV-систем, параболических отражателей и др.). Такой прибор позволит контролировать положение солнечных панелей сразу в двух плоскостях. Именно при падении солнечного света под прямым углом достигается минимальное значение отражения, а следовательно – максимальное использование энергии лучей солнечной панелью. В зависимости от количества степеней свободы движения солнечные трекеры бывают одно- и двухкоординатными. Двухкоординатные трекеры обеспечивают наибольший КПД фотопревращения в течение всего года (99,5 % от теоретически возможного). Однокоординатные обеспечивают желаемый максимум только в определенный сезон года, а суммарная годовая добыча солнечной энергии составляет лишь 75–80 % от возможного, что также значительно лучше, чем 40–70 %, которые падают на неподвижную панель.

Несмотря на все преимущества управляемых фотопанелей, трекеры устанавливаются далеко не на всех солнечных электростанциях. Тому есть несколько причин:

- трекер всегда повышает стоимость монтажа системы;
- усложнение конструкции крепления приводит к уменьшению ее надежности (на крупных электростанциях понадобится дополнительный штат работников для обслуживания и ремонта трекеров);
- наличие подвижных деталей требует обслуживания даже при отсутствии аварий;
- подвижные крепления панели значительно уменьшают ее устойчивость и надежность при сильном ветре.

Таким образом, можно сделать вывод, что установка фотопанелей на солнечный трекер способна повысить уровень выработки электроэнергии на 30–40 %.

В работе предлагается модернизировать существующую систему ориентации солнечной панели с помощью нейроконтроллера и специального алгоритма управления. Это позволит автоматически поворачивать панель за солнцем с максимальной точностью и генерацией солнечной энергии в любое время года.

В результате выполненной работы можно сделать выводы, что с помощью систем искусственного интеллекта можно автоматизировать систему генерации солнечной энергии, а также увеличить точность слежения за солнцем и обеспечить наибольшее КПД фотопреобразования в течение всего года.

УДК 614.8.084: 159.944

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД КАК РЕШАЮЩИЙ ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*В. Г. БРУСЕНЦОВ, В. Г. ПУЗЫРЬ, О. В. КОСТЫРКИН*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

Проблема надежности человека-оператора является чрезвычайно актуальной во всём мире. Известно, что большинство аварий в сложных технических системах, приводящих к тяжелым потерям, происходит по вине человека. [1, 2]. На железнодорожном транспорте безопасность движения также в значительной степени определяется человеческим фактором. При этом одной из важнейших составляющих является уровень профессиональной надежности работников локомотивных бригад. По их вине происходит до 80 % аварий с тяжелыми последствиями [3]. Ежегодные аналитические материалы о состоянии безопасности в железнодорожной отрасли свидетельствуют: порядка 90 % происшествий (проездов запрещающих сигналов, аварий и катастроф) случилось по вине машинистов. Но разве все они нерадивые рабочие? Конечно, нет. Статистические данные подтверждают, что многие из тех, что допустили проезды запрещающих сигналов – дисциплинированные, ответственные люди, опытные, а нередко и высококвалифицированные машинисты.

Проблема надежности человека-оператора разрабатывается достаточно интенсивно в различных областях. [4]. Поскольку основным условием надежной работы является поддержание заданного уровня деятельности в течение определенного отрезка времени, надежность работы человека-оператора может быть определена как способность к сохранению необходимых рабочих качеств в условиях возможного осложнения обстановки или как «сохранность», устойчивость оп-

тимальных рабочих параметров индивида. Существует ряд определений понятия «надежность деятельности человека» относительно его операторских функций. Основное внимание в этих определениях обращается на проявления надежности, такие как качество выполнения задания, отклонение показателей деятельности от требуемых значений и др. Подобные определения акцентируют внимание на внутренних, потенциальных возможностях и способностях человека в обеспечении надежности, однако не в полной мере раскрывают специфичность данного понятия с точки зрения процессуальных (устойчивость функционирования) и результирующих (безотказность, безошибочность и т. п.) характеристик.

Большинство аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте возникает в связи со снижением уровня профессиональной надежности рабочих локомотивных бригад в частности по снижению уровня функциональной надежности (утомление, стресс и т. п.) [5]. В связи с этим актуальным является поиск и внедрение методов объективной оценки уровня функциональной надежности работников, прежде всего уровня здоровья, что и является целью работы.

При создании системы контроля уровня функциональной надежности работников локомотивных бригад возникает вопрос объективности ее оценивания [6], который затрудняется тем, что функциональная надежность является сложным явлением и включает долговременную и текущую составляющие. Долговременная меняется достаточно медленно и определяет уровень текущей. В зависимости от уровня долговременной составляющей существенно меняется вероятность перехода функциональной надежности к «недопустимому уровню» при колебаниях текущей. При низком уровне вероятность такого перехода достаточно велика, а при высоком – наоборот. Поскольку долговременная составляющая состоит из уровня здоровья и биологического возраста, для ее контроля необходимо иметь инструмент их измерения (прежде всего – уровня здоровья). При этом методы оценки данного качества должны удовлетворять ряду специфических требований, таких как валидность, простота процедуры, отсутствие неблагоприятных воздействий на обследуемого. В связи с этим было проанализировано большое количество существующих методов. Оказалось, что разработка таких методов имеет значительную историю. В основном они строятся на том, что объективным критерием здоровья человека является уровень физической работоспособности.

Установлено, что наиболее полное представление о функциональных резервах организма может быть составлено в условиях нагрузок, при которых задействовано не менее 2/3 мышечного массива. Такие нагрузки обеспечивают предельную интенсификацию всех физиологических систем и позволяют выявить не только глубинные механизмы обеспечения работоспособности, но и пограничные с нормой состояния и скрытые проявления недостаточности функций.

Представления об уровне физической работоспособности в значительной степени расширяются при одновременной регистрации физиологических показателей, характеризующих функциональные возможности сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, двигательную функцию, состояние обменных процессов.

Из рассмотренных методов определения уровня физической работоспособности наиболее привлекательной на сегодня видится методика количественной экспресс-оценки уровня физического/соматического здоровья индивида, разработанная проф. Г. Л. Апанасенко [7].

С применением данной методики была обследована большая группа работников локомотивных бригад нескольких локомотивных депо Украины. Результаты исследования показали: значительная часть работников (около 40 %) имеет уровень здоровья «низкий» и «ниже среднего». Это означает, что их функциональная надежность существенно снижена еще до работы и под влиянием факторов труда может снизиться до недопустимого уровня. Можно сделать вывод, что существующий уровень функциональной надежности работников локомотивных бригад представляет угрозу для безопасности движения и, следовательно, должен контролироваться.

Для оценки такой составляющей, как «уровень здоровья» целесообразно, по мнению авторов, применять метод количественной экспресс-оценки уровня физического/соматического здоровья индивида. Кроме оценивания функциональной надежности такой контроль будет способствовать повышению уровня здоровья работников по принципу биологической обратной связи, согласно которому получение информации о состоянии здоровья побуждает человека к его поддержанию или улучшению.

### Список литературы

- 1 **Бодров, В. А.** Психология и надежность: человек в системах управления техникой / В. А. Бодров, В. Я. Орлов. – М. : Ин-т психологии РАН, 1998. – 285 с.
- 2 **Cott, H. V.** Human Errors: Their Causes and Reduction / H. V. Cott // Human Errors in Medicine : ed. by M. S. Bogner. – Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. – New Jersey : Hillsdale. – 1994. – P. 63–65.
- 3 **Нерсесян, Л. С.** Железнодорожная психология / Л. С. Нерсесян. – М. : Рейнфор, 2005. – 533 с.
- 4 **Войтенко, А. М.** К вопросу о профессиональной надежности летчика / А. М. Войтенко, В. А. Пономаренко // Военно-медицинский журнал. – 1993. – № 5. – С. 51–53.
- 5 **Серииков, В. В.** Динамика профессиональной и функциональной надёжности работников локомотивных бригад в условиях сменной работы / В. В. Серииков, А. А. Закревская, В. Я. Колягин // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – Тверь, 2014. – № 4(71). – С. 56–62.
- 6 **Брусенцов, В. Г.** Внедрение системы контроля функциональной надежности железнодорожных операторов / В. Г. Брусенцов, В. Г. Пузырь // Вісник СНУ ім. В. Даля. – № 5(176). Ч. 2. – 2012. – С. 167–169.
- 7 **Апанасенко, Г. Л.** Медицинская валеология. / Г. Л. Апанасенко, Л. А. Попова. – Киев : Здоровье, 1998. – 248 с.

УДК 629.45

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Е. В. БУГАЕВА, Н. В. БЕЛОГУБ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Значительная доля инвентарного парка пассажирских вагонов Белорусской железной дороги имеет срок службы, превышающий нормативный 28 лет, установленный заводом-изготовителем. В то же время, ввиду невозможности единовременной замены указанных вагонов на новые, для обеспечения пассажирских перевозок, в том числе сезонных, такие вагоны привлекаются к эксплуатации после проведения процедуры продления срока службы. Продление срока службы осуществляется, как правило, по техническому решению в рамках планового вида ремонта либо путем проведения модернизации при капитально-восстановительном ремонте (КВР) на основе Технических условий (ТУ).

КВР проводится в рамках проведения КР-2, в соответствии с ТУ, позволяет продлить срок службы вагона на 20 лет и обеспечивает получение экономии по следующим составляющим [2]:

1) повышение несущей способности кузова позволяет продлить срок службы вагона сверх нормативного и получить от этого определенный эффект  $\mathcal{E}_1$ ;

2) продление срока службы вагона за счет проведения КВР дает возможность отдалить капитальные вложения на приобретение нового вагона и за счет этого получить эффект  $\mathcal{E}_2$ ;

3) модернизация внутреннего оборудования вагона при проведении КВР позволяет получить вагон повышенной комфортности. Экономический эффект  $\mathcal{E}_3$  от применения по назначению вагона повышенной комфортности получается сразу же после КВР, тогда как в базовом варианте это возможно только после приобретения нового вагона;

4) при производстве КВР возникают отходы, которые могут быть реализованы с получением эффекта  $\mathcal{E}_4$ ;

5) при производстве КВР снимаются отдельные узлы и детали, которые после ремонта могут быть использованы при проведении деповского и капитального ремонтов. Может быть получен экономический эффект  $\mathcal{E}_5$  за счет использования старогодных деталей.

Таким образом, общий экономический эффект

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5.$$

Проведение капитально-восстановительного ремонта требует дополнительных затрат:

1) наряду с повышением комфортности – дополнительные расходы  $\mathcal{Z}_1$  на повышение несущей способности;

2) проводится модернизация вагона с применением новейших материалов, деталей, узлов и установкой дополнительных систем, обеспечивающих повышение комфортабельности вагона. Это приведет к появлению дополнительных затрат  $\mathcal{Z}_2$  при последующих ТО, деповских и капитальных первого объема ремонтах на интервале времени от проведения КВР до списания по базовому варианту. После приобретения нового вагона в базовом варианте считаем, что будет приобретаться вагон повышенной комфортности. Общие затраты

$$\mathcal{Z}_{\text{общ}} = \mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2.$$