

становою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-8.22-02.

4.Настанова щодо дослідження небезпеки та кількісної оцінки ризику техногенних аварій. Затверджено Наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002р. № 637.

Отримано 15.08.2005

УДК 658.3 : 61; 681.3

В.Г.БРУСЕНЦОВ, канд. техн. наук, А.В.ШАПКА, д-р техн. наук,
А.В.ГОНЧАРОВ, И.И.БУГАЙЧЕНКО, О.В.БРУСЕНЦОВ

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков

НАДЕЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОПЕРАТОРОВ – ПРОБЛЕМЫ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ

Обсуждаются теоретические аспекты получения количественной оценки уровня эксплуатационной надежности работников локомотивных бригад.

В последнее время значительно возрос интерес к проблеме человеческого фактора в вопросах безопасности на железнодорожном транспорте [1-6, 15]. Ошибки человека-оператора могут привести и приводят к многочисленным авариям, человеческим жертвам, большим материальным потерям, экологическим катастрофам регионального и глобального масштаба. В связи с этим актуальной является проблема количественной оценки надежности человека, которая позволила бы перейти к объективным характеристикам позволяющим проводить контроль и мониторинг.

Цель настоящей статьи состоит в количественном исследовании надежности человека-оператора, комплексной объективизации ее оценки.

Под надежностью сложных технических систем обычно понимают способность их сохранять свои наиболее существенные свойства (безотказность, ремонтпригодность и др.) на заданном уровне в течение фиксированного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации. В качестве основного показателя надежности системы обычно принимают вероятность безотказной работы $P(t)$, которая определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\int_0^t S(t)dt},$$

где $S(t)$ – интенсивность отказов.

В случае сложных систем, состоящих из ряда элементов, когда отказ любого элемента вызывает отказ всей системы, вероятность безотказной работы ее равна:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t),$$

где $P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента системы; N – число элементов.

Отсюда видно, что надежность системы $P(t)$ будет меньше наименьшего члена этого уравнения и, таким образом, определяется наименее надежным элементом.

По данным статистики [1-6, 15], таким наименее надежным элементом выступает человек.

Рассмотрим понятие "надежность человека-оператора. Обычно под этим термином понимают способность оператора выполнять поставленные задачи в определенных условиях эксплуатации на заданном уровне допустимом числе ошибок, не влияющих на безопасность выполнения им заданных функций [10].

Все многообразие определений надежности человека можно свести к двум:

1) надежность оператора – его свойство выполнять трудовую деятельность в течение определенного времени при заданных условиях [1, 7, 8, 10];

2) это индивидуально варьирующее свойство человека сохранять стабильность, т.е. устойчивое постоянство результатов профессиональной деятельности в усложненных условиях ее выполнения. Высокая надежность работы указывает на то, что он хорошо работает даже в сложных условиях [9].

Рассмотрим основные подходы к количественному выражению надежности человека с помощью теории надежности технических систем. Показателем безошибочности является вероятность безошибочного выполнения работы (P_{on}), определяемая выражением:

$$P_{on} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{m}{N},$$

где m – число правильно решенных задач (выполненных действий); N – общее число решаемых задач (выполняемых действий).

Для типовых, часто повторяющихся действий, показателем безошибочности может служить также интенсивность ошибок (S_{on}), которая рассчитывается по формуле

$$S_{on} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N - m}{NT},$$

где T – среднее значение времени выполнения данного действия.

Основным показателем своевременности является вероятность своевременного выполнения работы (P_{ce}), для ее определения необходимы функция плотности распределения времени выполнения задачи $\Phi(t)$ и допустимый лимит времени t_l на ее решение

$$P_{ce} = P\{on < t_l\} = \int_0^{t_l} \Phi(t) dt.$$

Функция $\Phi(t)$ определяется опытным путем для существующих систем и рассчитывается для проектируемых.

Готовность оператора определяется коэффициентом готовности. K_{on} – это вероятность включения оператора в работу в любой произвольный момент времени. Он определяется по формуле

$$K_{on} = 1 - \frac{T_0}{T},$$

где T_0 – время, в течение которого оператор не способен принять поступившую информацию; T – общее время работы.

Так как оператор обладает возможностью самоконтроля, вводятся показатели восстанавливаемости.

Вероятность исправления оператором допущенной ошибки равна

$$P_{исп} = P_k P_{обн} P_u,$$

где P_k – вероятность выдачи сигнала схемой контроля; $P_{обн}$ – вероятность обнаружения оператором сигнала контроля; P_u – вероятность исправления ошибочных действий при повторном выполнении алгоритма.

Среднее значение вероятности безошибочной работы оператора равно

$$\bar{P}_{on} = \sum_{i=1}^m P_i P_{on} / i,$$

где P_i – вероятность наступления i -го состояния СЧМ; P_{on} / i условная вероятность безошибочной работы оператора в i -м состоянии; m – число рассматриваемых состояний СЧМ.

Вероятности выполнения человеком отдельных действий могут быть получены в результате анализа. Справочные данные по таким вероятностям приводятся, например в [11].

Анализ имеющихся данных свидетельствует, что надежность человека-оператора определяется большим числом факторов. В первом приближении их можно разделить на факторы внешней среды и факторы "внутреннего" порядка.

К факторам внешней среды можно отнести соответствие техники требованиям эргономики, режим работы, наличие перегрузки и недогрузки оператора.

К факторам "внутренней" среды – соответствие психофизиологических характеристик, к которым относятся как более стабильные, определяющие профессиональную пригодность, так и более изменчивые, определяющие функциональное состояние, а также такие психические функции как внимание, память и др. В частности, выделяются вопросы исходного психофизиологического соответствия человека данной профессии и его специальной профессиональной подготовленности.

По отношению к отказам надежность человека-оператора разделяют на психологическую, физиологическую, демографическую. К психологической относят надежность по отношению к временным неустойчивым отказам (ошибкам), нарушения этой надежности проявляются в неправильном или несвоевременном выполнении отдельных психологических актов или в их невыполнении. Физиологическая – надежность по отношению к временным устойчивым отказам, нарушения которой проявляются во временном отказе от работы вследствие утомления, стресса, травм, заболеваний и т.п. Демографическая – надежность по отношению к окончательным отказам, причинами которых являются старение, неизлечимые болезни, травматизм с инвалидностью и т.п.

Несмотря на разнообразие подходов к определению надежности человека, при анализе литературных данных не было обнаружено выражения для количественного определения надежности человека-оператора, учитывающего все аспекты.

В различных отраслях (прежде всего связанных с военно-промышленным комплексом), в разное время, предлагались разные параметры, которые давали возможность как-то приблизиться к количественной оценке надежности человека-оператора, например:

- обобщенная рабочая характеристика человека оператора (ОРХ) [12];
- базовые качества успешности работы (БКУР) [13];

- концепция профессиональной надежности человека [14];
- вероятность отсутствия биологических отказов [11].

Одним из наиболее разработанных методов определения надежности системы человек-машина является обобщенный структурный анализ, предложенный А.И.Губинским. [8]. Деятельность оператора раскладывается на ряд иерархических уровней. Для каждого уровня определяется безошибочность, своевременность его выполнения. Затем производится свертывание полученных структур к более простым структурам с эквивалентными характеристиками безошибочности, своевременности. Предложен перечень типовых структур, формул для их определения.

Близкий подход разрабатывается нами для получения количественной оценки уровня эксплуатационной надежности работников локомотивных бригад.

В целом же, вполне можно согласиться с выводом Л.С.Нерсесяна [1] о том, что проблема надежности человека разработана еще недостаточно полно и систематично.

В результате исследования получено направление для разработки модели количественной оценки надежности человека-оператора, учитывающей как его физиологическое, так и психологическое состояние. Недопустимое снижение статуса любого из данных уровней должно приводить к неудовлетворительной оценке общего состояния, что особенно важно при предрейсовом контроле психофизиологического состояния работников локомотивных бригад.

1.Нерсесян Л.С. Психологические аспекты повышения надежности управления движущимися объектами. – М.: Промедж, 1992. – 288 с.

2.Самсонкин В.Н. Теоретические основы контроля человеческого фактора в человеко-машинных системах на железнодорожном транспорте: Дис.... д-ра техн. наук: 05.22.08. – Харьков, 1997. – 412 с.

3.Соколов А.И. Разработка методики оценки уровня безопасности движения на железнодорожном транспорте: Дис. канд. техн. наук: 05.22.20. – Харьков, 2000. – 231 с.

4.Брусенцов В.Г. Новые технические средства контроля работоспособности машинистов локомотивов: Дис. канд. тех. наук: 05.26.01. – М., 1991. – 171 с.

5.Крупина Е.М., Некрасова Ю.М., Таргонская Л.Г. Программы и управление безопасностью движения на зарубежных железных дорогах // Ж.д. транспорт. Сер. "Безопасность движения". ОИ / ЦНИИТЭИ МПС. – 1988. – Вып.2. – 21 с.

6.Аналіз стану безпеки руху поїздів в локомотивному господарстві України в 1999 році. – К.: Головне управління локомотивного господарства, 2000.

7.Человеческий фактор. В 6 т. / Под ред. Г.Салвенди. – М.: Мир, 1991.

8.Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука, 1982. – 270 с.

9.Адамович Н.В. Управляемость машин (эргономические основы оптимизации рабочего места человека-оператора). – М.: Машиностроение, 1977. – 280 с.

10.Северцев Н.А. Надежность сложных систем в эксплуатации и отработке. – М.:

Высш. шк., 1989.

11. Фокин Ю.Г. Оператор – технические средства: обеспечение надежности. – М.: Воениздат, 1985.– 192 с.

12. Технические эргатические системы. – К.: Вища шк., 1977. – 344 с.

13. Кальниш В.В., Навакатикян А.О. Особенности умственной работоспособности у операторов тепловых электростанций // Медицина труда и промышленная экология. – 2000. – №2.

14. Карпов В.Н., Ушаков И.Б. Количественные диапазоны и методы исследования профессиональной надежности авиационных специалистов // Медицина труда и промышленная экология. – 1999. – №1. – С.9-12.

15. Про стан виробничого травматизму та умови праці на підприємствах транспортно-дорожнього комплексу за 2000 рік / Міністерство транспорту України. – К, 2001.

Получено 15.08.2005

УДК 69.059.62.002.5

В.В.МЕЛАШИЧ, канд. техн. наук

Інститут неперервного спеціального образования ПГАСиА, г.Днепропетровск

МЕХАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ РЕКОНСТРУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Приводятся конструктивные особенности трансформируемого рабочего органа мини-экскаватора «Бобкэт» многофункционального назначения, который применяется для выполнения широкого спектра технологических операций в условиях реконструкции строительных объектов. Сообщается о разработках ИНСО ПГАСА в области трансформируемого рабочего оборудования землеройных машин.

Механизация земляных работ при реконструкции строительных объектов сопряжена с рядом специфических особенностей, которые отрицательно сказываются на эффективности выполнения технологических операций строительного производства и безопасности ведения работ.

Насыщенность территории реконструируемого объекта подземными коммуникациями, заглубленными сооружениями выдвигает проблему использования высокопроизводительной землеройной техники и, как следствие, возникает необходимость выполнения больших объемов земляных работ с использованием ручного труда, что приводит к повышенному травматизму.

В настоящее время вопросам реконструкции строительных объектов уделяется достаточно много внимания. При этом особую значимость и актуальность приобретают проблемы, связанные с обеспечением комплексной механизации всех технологических операций, сопутствующих реконструкции. Разрабатываются новые конструктивные решения рабочих органов землеройных машин многоцелевого назначения, что позволит расширить технологические возможности одно-