

Принципова схема дренчерної установки пожежегасіння з пороховим акумулятором тиску:

- 1 – штабель босприпасів; 2 – резервуар з водою; 3 – пороховий акумулятор тиску;
- 4 – розподільчий клапан; 5 – трубопровід дренчерної системи пожежегасіння;
- 6 – захисна споруда; 7 – дренчер; 8 – трубопровід з насосної станції.

Запропонована нами система пожежегасіння значно зменшує ризик поширення пожежі від місця спалаху, забезпечує короткий термін її локалізації, а якщо це неможливо – надає достатню кількість часу для приїзду чергової зміни пожежних.

1. <http://www.platan.ru/news/news563.html>

2. Иванов Е.Н. Автоматическая пожарная защита. – М.: Стройиздат, 1980. – 183 с.

3. Бубурь Н.Ф., Бабуров В.П., Мангасаров В.И. Пожарная автоматика. – М.: Стройиздат, 1984. – 209 с.

Отримано 16.11.2004

УДК 331.101.1 : 007.51

О.Ф.ПРОТАСЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», г.Харьков

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА В ЭРГОНОМИКЕ

Анализируется состояние проблемы оценки надежности человека-оператора. Предложен способ оптимизации оценки функциональной надежности работника на

основании использования таких термодинамических критериев как информационная и термодинамическая энтропии.

Проблема надежности деятельности человека-оператора – одна из центральных проблем в эргономике, имеющая в настоящее время большое практическое и теоретическое значение. Повышение автоматизации производственных процессов приводит не к исключению оператора из системы «человек – техника – среда», а, наоборот, к повышению предъявляемых к нему требований. Успешность деятельности человека в современных системах управления связана с высокой точностью его действий в ускоренном темпе и на протяжении длительного времени. Поэтому обратной стороной быстрого развития и усложнения систем «человек – техника – среда» является ежегодно увеличивающееся число техногенных катастроф, основной причиной которых является «человеческий фактор». В связи с этим одной из первостепенных задач эргономики продолжает оставаться повышение надежности деятельности человека-оператора.

Как известно, существует два вида надежности человека-оператора – функциональная и структурная. В связи с этим работы, посвященные исследованию надежности, можно разделить на два соответствующих направления. При этом под функциональной надежностью следует понимать свойство человека сохранять работоспособность, т.е. способность функционировать в течение заданного времени в определенных условиях, а под структурной надежностью – свойство человека выполнять предписанные функции в соответствии с заданными требованиями в течение заданного времени в определенных условиях [1].

Наибольшую сложность для исследования представляет функциональная надежность оператора, что обусловлено сложностью разработки универсального метода оценки функционального состояния человека, поскольку каждому человеку свойственны индивидуальные особенности, которые практически невозможно полностью систематизировать и учесть. В связи с этим функциональную надежность анализируют в трех направлениях: психологическом, физиологическом и психофизиологическом.

Наиболее перспективным методом исследования функциональной надежности, на сегодняшний день, является психофизиологический анализ, что обусловлено более высоким уровнем моделей, обеспечивающих системность исследований. Вследствие этого повышается информативность данного подхода при оценке функциональной надежности оператора [2, 3]. Однако, несмотря на значительную положи-

тельную сторону психофизиологических методов, существенным недостатком является обработка данных, полученных в результате исследования. В большинстве случаев используются методы статистического анализа, которые позволяют получить достоверные данные, но только при наличии значительной выборки. Таким образом, анализируется закономерность появления и развития какого-либо функционального состояния у определенной группы людей, которые заняты одним и тем же видом деятельности, относятся к одной возрастной группе, имеют соответствующий уровень здоровья и т.д. Следовательно, выводы о функциональном состоянии оператора делаются на основании его соответствия определенным признакам, которые чаще всего имеют место в данных конкретных условиях работы, т.е. не учитываются индивидуальные особенности человека, что, в свою очередь, существенно снижает достоверность оценки надежности работника.

На основании вышесказанного, очевидно, что основной задачей в эргономике сегодня остается повышение надежности систем «человек – техника – среда» с целью обеспечения соответствующего уровня их безопасности. Однако данная задача является очень объемной, поэтому ее необходимо разделить на ряд подзадач. Целью данной работы является поиск и разработка новых методов оценки функциональной надежности человека-оператора.

Основанием для разработки нового подхода к оценке функционального состояния оператора может стать представление о том, что организм человека является нелинейной неравновесной макросистемой, взятой из синергетики и термодинамики [4]. Попытаемся проанализировать функциональное состояние человека, опираясь на основы нелинейной неравновесной термодинамики. Необходимо отметить, что подобные шаги делались и ранее. Однако в имеющихся работах, например в [5], в качестве критерия надежности оператора использовался принцип минимальной диссипации энергии. Остановимся кратко на раскрытии его содержания. В живой системе, как и в неживой, устойчивое состояние соответствует минимальной диссипации энергии. Графически принцип наименьшей диссипации можно проиллюстрировать в виде схемы, в которой шарик находится на дне чаши с круглым дном (рис.1). Это положение соответствует наиболее устойчивому, стационарному состоянию системы. Если систему вывести из этого состояния, то она стремится вернуться в прежнее состояние с минимальной скоростью диссипации энергии, что соответствует принципу Ле Шателье. Безусловно, в устойчивом состоянии система наиболее надежна, т.к. наименьшие потери энергии означают экономичность всех процессов, протекающих в системе, и связанную с этим долго-

вечность работы системы. Но обычно под надежностью понимают не только это, но и сопротивляемость системы воздействию различного рода стресс-факторов. Система, нормально работающая при воздействии стресс-факторов различной силы и характера, может считаться более надежной. Для характеристики этой стороны явления надежности критерия устойчивости, выраженного только через функцию диссипации, недостаточно и следует ввести иные показатели. Если обратиться к рис.2, то показателем может служить ширина дна чаши, в пределах которой положение шарика находится приблизительно на одном уровне. Чем шире эта зона, тем более надежна система.

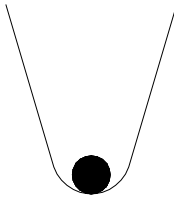


Рис.1 – Принцип наименьшей диссипации для стационарного состояния

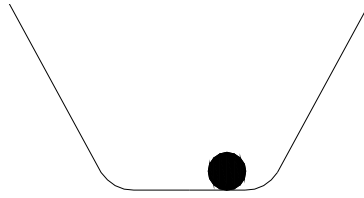


Рис.2. Принцип наименьшей диссипации для гомеостаза организованных систем

Таким образом, функция диссипации является весьма информативным, однако недостаточным для системного представления об уровне надежности человека термодинамическим показателем. В связи с этим появляется необходимость выработки иных более целостных термодинамических критериев, позволяющих оценить надежность системы «организм человека» в производственных условиях различной сложности. В качестве таких критериев могут быть приняты:

1) термодинамическая энтропия, которая вычисляется по формуле Больцмана-Планка: $S = k \cdot \ln P$, где k – постоянная Больцмана, $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; P – термодинамическая вероятность состояния, определяемая числом микросостояний, реализующих данное микросостояние;

2) информационная энтропия, которая вычисляется по формуле Бриллюэна: $S_{\text{инф}} = -k \cdot p_i \cdot \ln p_i$, где p_i – вероятность нахождения системы в одном из возможных состояний.

Необходимо отметить, что в настоящее время нет единого мнения по поводу возможности использования информационной и термодинамической энтропий для оценки надежности таких сложных неравновесных систем, как организм человека. В связи с этим обоснуем правомерность высказанного выше предположения.

Начнем с определения понятия информации. Информация – абсолютная величина, имеющая одно и тоже численное значение для наблюдателя [6]. Однако при этом следует различать информацию свободную и связанную. О свободной информации следует говорить, когда возможные случаи рассматриваются как абстрактные и не имеющие определенного физического значения. Связанная информация имеет место, когда возможные случаи могут быть представлены как микросостояния физической системы. Такое разделение необходимо для того, чтобы показать связь между информацией и энтропией. Согласно Бриллюэну, связь между связанной информацией и энтропией выражается следующим образом: связанная информация = убыванию энтропии = увеличению негэнтропии, где негэнтропия определена как отрицательная энтропия. Это положение составляет негэнтропийный принцип информации [6]. Для того чтобы раскрыть содержание данного принципа, приведем слова Шредингера: «Каждый процесс, явление, событие, все, что происходит в природе, означает увеличение энтропии в той части мира, где это происходит. Так и живой организм непрерывно увеличивает свою энтропию – или, говоря иначе, производит положительную энтропию и таким образом приближается к опасному состоянию максимальной энтропии, которое представляет собой смерть. Он может избежать этого состояния, т.е. оставаться живым, только путем постоянного извлечения из окружающей среды отрицательной энтропии, которая представляет собой нечто весьма положительное». Таким образом, информация представляет собой негэнтропию, которая необходима организму человека для того, чтобы жить.

Обобщая все вышесказанное, можно заключить, что для поддержания оптимального функционального состояния организму человека необходимо динамическое равновесие, которое реализуется за счет баланса между информационной и термодинамической энтропией: $S_{т.} \downarrow S_{инф} \uparrow$.

Несмотря на то, что информационная и термодинамическая энтропии являются величинами статистическими, они, в отличие от традиционных методов анализа, позволяют выполнять расчеты и сравнение данных для различных параметров функционального состояния, исходя из индивидуальных особенностей человека. Именно в этом заключается универсальность использования данных критериев.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1) перспективным методом оценки функционального состояния человека-оператора может стать использование термодинамических

критериев и, в частности, информационной и термодинамической энтропий, вычисленных по формулам Больцмана-Планка и Бриллюэна соответственно;

2) являясь величинами статистическими, информационная и термодинамическая энтропии позволяют анализировать динамику различных параметров функционального состояния человека-оператора, что свидетельствует об универсальности используемых критериев.

1.Губинский А.И., Кобзев В.В. Оценка надежности деятельности человека-оператора в системах управления. – М.: Машиностроение, 1975. – 47 с.

2.Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. – К.: Наукова думка, 1991. – 215 с.

3.Бушов Ю.В. Психофизиологическая устойчивость человека в особых условиях деятельности: оценка и прогноз. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1992. – 176 с.

4.Базаров И.П. Термодинамика. – М.: Высшая школа, 1991. – 376 с.

5.Зотин А.И., Зотина Р.С. Термодинамическая основа реакций организмов на внешние и внутренние факторы. – М.: Наука, 1988. – 271 с.

6.Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – М.: Физматгиз, 1960. – 392 с.

Получено 05.11.2004

УДК 331.101.1

С.В.ЧИСТЯКОВА

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», г.Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА «В ТОЧКАХ ПСИХОГЕННОГО КОНТРОЛЯ»

Предлагается усовершенствованный метод экспресс диагностики психоэмоционального состояния человека-оператора во время рабочего процесса, основанный на регистрации емкости и сопротивления в «точках психогенного контроля». Проведенный эксперимент показал, что такой подход позволяет повысить точность оценки состояния человека-оператора.

Ускорение научно-технического прогресса приводит к необходимости повышения надежности человека-оператора, особенно в авиационной отрасли. Основной причиной снижения надежности системы «человек – техника - среда» является нарушение психоэмоционального состояния (стресс, утомление и др.) человека-оператора. В связи с этим проблема определения и идентификации нарушения психоэмоционального состояния человека-оператора является актуальной.

Существующие в настоящее время методы определения функционального состояния человека-оператора [1, 2] являются сложными для практического применения. В связи с этим в последнее время все большей популярностью пользуются биоимпедансные методы исследования состояния организма человека, с помощью которых исследу-