

МЕТОД ОБРАБОТКИ КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАРАМЕТРА, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ ОЦЕНИВАТЬ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

проф. В.Е. Пустоваров, Д.В. Ириков, к.т.н А.Б. Егоров

Предложен новый метод контроля функционального состояния человека-оператора по показаниям сердечно-сосудистой системы. Метод основан на использовании индивидуальной нормы поведения при обеспечении необходимого конечного результата и позволяет произвести оценку текущего состояния оператора в реальном масштабе времени.

Постановка проблемы. Проблема надежности человека в человеко-машинных системах (ЧМС) возникла с момента появления первых объектов управления. В начальном этапе своего развития она сводилась к освоению навыков управления объектом. С совершенствованием технических средств значимость человеческого фактора в надежности управления резко возросла. В настоящее время безопасность эксплуатации каких-либо технических систем рассматривается как комплекс взаимообусловленных отношений “среда – человек – объект управления”. Это объясняется тем, что с ростом интенсивности нагрузки на человека в сложных технических системах аварийные ситуации в значительной степени стали возникать по вине человека в момент управления объектом. Причина допускаемых ошибок связана с ростом объема информации, ее сложности и скорости поступления.

Анализ литературы. Несмотря на расширение возможностей моделирования с применением ЭВМ заранее предусмотреть все возможные варианты нарушения действий человека-оператора в ЧМС невозможно. В последнее время на основании большого числа проведенных исследований, связанных с оценкой эффективности профессиональной деятельности операторов, в том числе операторов щитов управлений электрических станций и подстанций, в различных функциональных состояниях, был разработан принципиально новый подход в области контроля за функциональным состоянием человека-оператора в сложных технических системах, который основан на использовании индивидуальной нормы поведения при обеспечении необходимого конечного результата [1]. В современной психологии, инженерной психологии и психологии труда по-

нимание нормы как среднестатистического варианта широко распространено. Однако, средние величины, выделенные из неоднородной совокупности, дают ложную количественную характеристику определяемого качества относительно индивидуальной нормы. В инженерной психологии известны многочисленные случаи значительных отклонений отдельных индивидуумов по различным признакам от статистической нормы, но являющихся полноценными и жизнеспособными, хотя такие отклонения квалифицируются как профессиональная непригодность. На основании подобного ряда факторов исследователи приходили к заключению о том, что практически каждый человек представляет собой в том или ином отношении отклонение от нормы, что в конечном счете, приводит к отрицанию существования среднестатистической нормы, растворению ее в аномалиях [2]. Вместе с тем, надо иметь в виду, что индивидуальная норма всегда конкретна и специфична, но она не существует как отдельное вне связи с общим. В действительности не существует человека стандартизированного по всем морфологическим и функциональным параметрам, поэтому среднестатистическое понимание нормы, наряду с ее важностью, остается недостаточным в оценке индивидуальных возможностей [3]. Одной из наиболее широко используемых в инженерной психологии методик контроля за функциональным состоянием человека-оператора являются показания сердечно-сосудистой системы [4].

Целью статьи является представление нового метода контроля функционального состояния человека-оператора по показаниям сердечно-сосудистой системы.

Для оценки эффективности операторской деятельности использовались показатели динамики артериального давления (АД) при различных психофизических нагрузках. Данные обследования использовались для получения среднестатистической характеристики АД и установления его вариативности у практически здоровых людей. Одним из видов нагрузки было выбрано дыхание в замкнутое пространство с ограниченной газовой средой конкретного состава воздуха при различных парциальных давлениях кислорода и углекислого газа. Данные газовые смеси были выбраны как характерные показания парциального давления газов CO_2 в выдыхаемом воздухе при работе различной интенсивности, а использование газа с повышенным содержанием O_2 находит свое применение в дыхательных приборах при работе в высокогорьях, в кессонах, а также в бароцентрических комплексах. Статистическая обработка индивидуальных показателей динамики АД в зависимости от вдыхаемой газовой смеси представлена на рис. 1, где **1** – среднестатистическая характеристика АД; **2** – поведение среднестатистической нормы под воздействием

альтервирующего фактора; 3 – динамика индивидуальной нормы поведения АД под воздействием альтервирующего фактора.

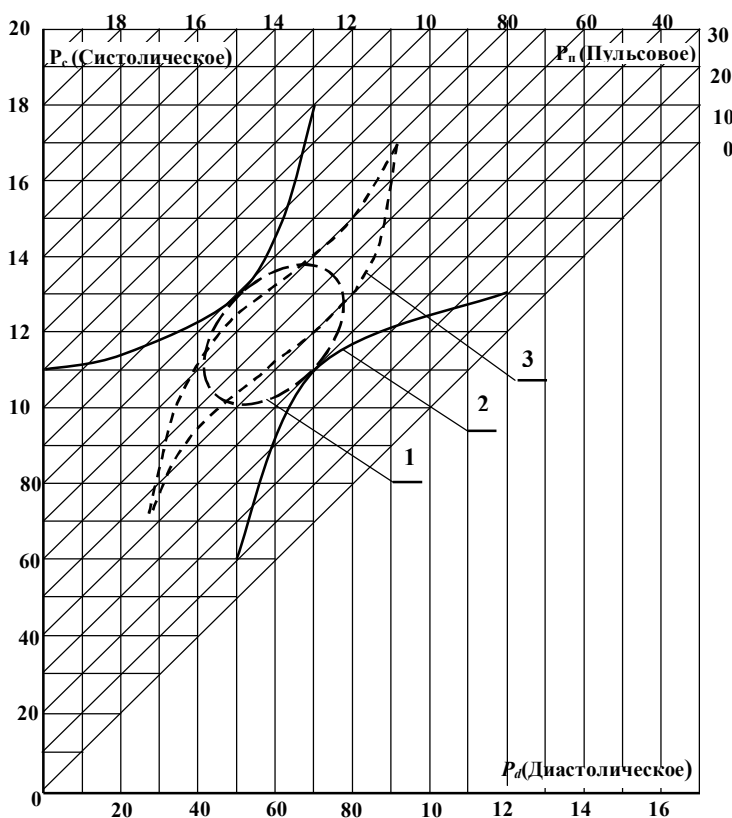


Рис. 1. Номограмма изменения артериального давления у испытуемых при дыхании газовой смесью

Результаты совмещения полученных данных указывают на характерную разницу в особенности построения среднестатистической нормы динамики АД под воздействием альтервирующего фактора и поведение индивидуальной нормы. Она заключается в том, что в динамике поведения контролируемого параметра индивидуальной нормы наблюдается сужение ее области вариации по мере удаления от оптимального состояния, а в среднестатистической – этот эффект носит обратный характер.

Причины этих различий связаны с разнонаправленной формой протекания ответной реакции у отдельных индивидуумов. Такое поведение среднестатистической нормы практически исключает возможность оценки

степени отклонения от нормального состояния по определенному численному критерию, так как удаление от него приобретает самую различную направленность, которая имеет равновозможное проявление. Несмотря на индивидуальные показатели границ колебания контролируемых характеристик АД, их вариативности относительно конкретного его значения, различной скорости перехода от состояния к состоянию в пределах установленных границ, отмечаются общие особенности самого процесса таких переходов и вариаций. Эти особенности заключаются в следующем: вариация колебаний контролируемых показателей АД по мере приближения их к предельным значениям наблюдаемых отклонений сжимается; смещение математического ожидания контролируемых показателей изменяется по логистической кривой; точки перегиба этой кривой и расстояние между асимптотами являются отражением индивидуальных особенностей поведения АД на альтернирующие воздействия среды.

Среднестатистическая норма, усредняя все индивидуальные различия, имеет принципиально иную структуру поведения. Наиболее плотное (сжатая вариация) распределение наблюдается в спокойном состоянии, а при дозированных нагрузках границы вариации расходятся по экспоненциальной (цепной линии) зависимости. Такое поведение индивидуальной структуры динамики вариации контролируемого параметра и среднестатистического (обобщенного), указывает на причину неприменимости среднестатистических критериев оценки функционального состояния индивида в экстремальных состояниях.

В проведенном варианте исследований оценки функционального состояния человека-оператора показатели АД были выбраны как наиболее распространенная форма контроля [4], которая отражает неспецифическую реакцию организма как на физические, так и психические нагрузки.

Основываясь на этом, была разработана методика распределения контролируемой характеристики у человека при выполнении определенной деятельности, которая заключалась в распределении вариации контролируемого параметра и приращений вариации относительно каждого значения параметра.

Установлена общая закономерность, которая характерна для всех систем. Индивидуальные особенности заключаются в коэффициентах изменения этих характеристик. В пределах одного индивида в зависимости от конкретной функциональной системы коэффициенты остаются одни и те же, что позволяет в настоящее время отказаться от многоканальных, многопараметрических систем контроля.

В наших исследованиях в обеспечении контроля был использован конечный результат профессиональной функциональной деятельности. В каж-

дом конкретном случае это свои показатели. В связи с этим была введена мера безразмерных единиц, исходя из условия

$$0 \leq \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}} \leq 1,$$

где x_i – текущее значение параметра.

Точность измерения определяется числом разбиений интервала $(x_{\max} - x_{\min})$. Предположим, что интервал разбит на m равных частей, тогда $(x_{\max} - x_{\min})/m = \Delta m$. Получаем $m/\Delta m$ различных состояний, относительно которых оценивается текущее состояние. Так как в различных состояниях (возбуждения или торможения) чувствительность меняется и, следовательно, величина Δm тоже может быть различной. Пусть $x_2 - x_1 = \Delta_1 \in Mx_i$. Если $\Delta_i > \Delta m$ и выполняются неравенства $1 \leq \Delta_i / \Delta m \leq K_{\text{сост}}$; $1 \leq |\Sigma \Delta_i| / \Delta m \leq K$, тогда $x_1 + |\Sigma \Delta_i| / \Delta m \in x_j$, а любой член системы уравнений:

$$\begin{aligned} x_2 - x_1 &= \Delta_1 \in Mx_i; \\ x_3 - x_2 &= x_3 - (x_1 + \Delta_1) = \Delta_2 \in Mx_i; \\ &\dots\dots\dots \\ x_n - x_{n-1} &= x_n - (x_1 + \Sigma \Delta_i) \in Mx_i \end{aligned}$$

можно определить по формуле $x_n = (x_1 + |\Sigma \Delta_i| / \Delta m) \in x_j$, где $j = 1, 2, \dots, n$.

Такой способ позволил в реальном масштабе времени, не обременяя человека, оценивать его функциональное состояние и степень готовности к выполнению профессиональной деятельности.

Исследуя изменения эффективности профессиональной деятельности оператора в зависимости от его текущего состояния (уровня возбуждения) нами было обращено внимание на динамику ошибки, которая минимальна в зоне функционального оптимума и нарастает по мере удаления состояния к пограничным зонам. Анализ номограммы (рис. 1) позволил получить аналитическое описание изменения точности выполнения работы в зависимости от текущего состояния человека, что представлено в виде поверхности (рис. 2), где по осям S – значение параметра; ΔS – приращение параметра; n – число наблюдений.

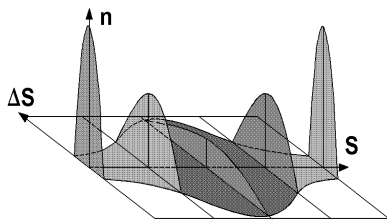


Рис. 2. Зона оптимума в поверхности функционального отклика

Использование компьютерной техники позволяет, оценивая требования к профессиональной деятельности оператора с точки зрения точности

и индивидуальных особенностей ее протекания, обеспечить строгое управление зоны безаварийной работы (рис. 2, затемненная зона).

Используя уравнение Фоккера – Планка – Энштейна, которое описывает поверхность, представленную на рис. 2, и разработав методы контроля, целесообразно построить автоматизированную систему контроля за деятельностью человека как элемента в сложной системе человек – среда – объект управления. В каждом конкретном случае такие методы контроля будут отличаться специфической структурой их организации и программного продукта для обеспечения автоматизированных систем контроля.

Выводы. 1. Представленный метод контроля функционального состояния человека-оператора может быть использован при допуске к работе, а также при осуществлении текущего контроля за работоспособностью оператора в процессе непосредственной производственной деятельности.

2. Существующую систему контроля человека-оператора на современном высокотехнологическом объекте необходимо перевести на качественно новый, прогрессивный уровень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонкин В.Н. Текущий контроль и диагностика функционального состояния человека-оператора // Автоматизация фізичних методів контролю в техн. діагностиці та медицині. – К., 1995. – С. 16 – 17.
2. Уильямс Р. Биохимическая индивидуальность. – М.: ИЛ, 1960. – 295 с.
3. Ириков Д.В. Индивидуальная норма оценки надежности человека-оператора в инженерной психологии // Вісник ХНУ. Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих вчених м. Харкова. Ч. 2. – Х.: ХНУ. – 2002. – № 551. – С. 267 – 271.
4. Друзь В.А., Климов Ю.Б., Осипов А.А. К вопросу индивидуальной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы в системе автоматизированного прогнозирования и медицинского контроля за состоянием здоровья. – В кн.: ЭВМ в профилактической кардиологии. – Рига, 1983. – С. 55 – 58.

Поступила 27.01.2003

ПУСТОВАРОВ Владимир Евгеньевич, канд. техн. наук, профессор, профессор Украинской инженерно-педагогической академии (УИПА). В 1961 году окончил Харьковское высшее военное авиационно-инженерное училище. Область научных интересов – радиотехника и электроэнергетика. E-mail: vladimir@ic.kharkov.ua.

ИРИКОВ Дмитрий Валерьевич, магистр, ассистент Украинской инженерно-педагогической академии. В 2000 году окончил УИПА. Область научных интересов – электроэнергетика и инженерная психология.

ЕГОРОВ Алексей Борисович, канд. техн. наук, доцент УИПА. В 1990 году окончил Харьковский политехнический институт. Область научных интересов – электроэнергетика. E-mail: alexey_b_yegorov@hotmail.ru.