

УДК. 612.821.2 – 058:51.001.57

*В.А. Максимович, О.С. Горецкий, Н.Г. Кришталь, И.И. Солдак, Н.И. Тараната***ФУНКЦИЯ ВНИМАНИЯ У ЛИКВИДАТОРОВ АВАРИЙ И ЕЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Донецкий национальный университет, Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького, Черкасский институт пожарной безопасности, Украина

Ключевые слова: функции внимания, математическая модель, ликвидаторы аварий

В самых благоприятных условиях внешней и внутренней среды внимание обязательно участвует в обеспечении любого вида деятельности: труда, учебы, игры. Но особенно важно внимание для качества деятельности в экстремальных условиях. Оно необходимо для выяснения обстановки, синоминутной величины и динамики каждого в отдельности фактора среды и их полного набора, а также для контроля собственного психофизиологического состояния, речевых и иных команд, сообщений (сигналов) от товарищей и т. п. Однако только для отдельных специальностей (например, операторов, горнорабочих, спортсменов...) были проведены целенаправленные исследования функции внимания [1, 2, 3]. Эти исследования облегчают понимание роли внимания для обеспечения деятельности не только в указанных, но и других условиях. Однако гипотетические обобщения должны быть проверены. Особенно для случаев деятель-

ности в специфических экстремальных условиях, например, ликвидации аварий, пожаров, катастроф.

В предыдущих научных разработках [4] были обоснованы алгоритм формирования мотивации деятельности в экстремальных условиях, модель функциональной структуры деятельности и формализованный способ оценки эффективности достижения фактического результата.

Исходя из сказанного, научной, практической значимости и актуальности проблемы, излагаемые ниже материалы посвящены решению двух задач:

1) установлению влияния внимания на эффективность профессиональной деятельности ликвидаторов аварий, пожаров и иных чрезвычайных ситуаций;

2) построению средствами точных наук модельного отображения закономерностей функционирования внимания.

Материал и методы исследования

Обследовано около 200 профессионалов по ликвидации аварий и пожаров. Различные свойства внимания (объем, концентрация, переключение, распределение) определяли на специальном приборе [1], а также по разработанному авторами статьи компьютеризованному способу. В соответствии с последним на экране компьютера в случайно выбранных участках предъявляли для подсчета световые сигналы. Место и количество (от 1 до 9) одновременно высвечиваемых сигналов изменяли в случайном порядке. Время экспозиции (высвечивания) каждого предъявления сигналов составляло 100 мс. Обследуемый на каждое предъявление сигналов, подаваемых через строго ограниченные промежутки времени, должен был с помощью клавиатуры компьютера как можно быстрее и точнее определить количество и месторасположение одновременно высвеч-

енных сигналов. Начиная со второй минуты процедуры при каждом ошибочном ответе или его отсутствии подавали звуковой сигнал и показывали накопление ошибочных ответов. По окончании двухминутного теста автоматически компьютер выдавал результаты времени и точности (безошибочности) ответов.

Величину каждого свойства внимания (V_i) рассчитывали по уравнению:

$$V_i = \left(\frac{m}{M}\right)^p \quad (1)$$

где M – максимально возможное количество воспринятых сигналов за заданное тестом время;

m – фактическое количество безошибочно воспринятых сигналов.

Как видно, шкала оценок находится в диапазоне от нуля до единицы: при $m = 0$ будет $V_i = 0$; при $m = M$ будет $V_i = 1$.

Результаты исследования и их обсуждение

По всем исследованным свойствам внимания обнаружено, что у 20 — 25% лиц показатели были повышенными и высокими и примерно у такого же количества — пониженными. Возник вопрос об индивидуальной устойчивости этих величин, учитывая их колеблемость от случайных и иных неучтенных влияний. Для ответа на этот вопрос у группы из 8-ми человек показатели определяли по несколько раз на протяжении месяца. Рассчитывали с помощью дисперсионного анализа общее, случайное и факториальное варьирование. Оказалось, что межиндивидуальные различия высоко достоверны, их влияние составляло более половины влияния всей суммы факторов (случайных, внутрииндивидуальных) и в среднем равнялась 68% от общей дисперсии.

По каждому свойству внимания были проанализированы распределения его величины во всей обследованной группе. Оказалось, что распределение свойств соответствовало (было близко) нормальному. Для проверки существенности различия найденных эмпирических зависимостей от предполагаемой теоретической зависимости (закон нормального распределения) был применен критерий λ (лямбда) Колмогорова [5]. Расчет показал, что при $\lambda < 0,01$, отсутствие расхождения между сравниваемыми распределениями достоверно ($p < 0,05$). Поэтому для научно-практических целей распределение свойств внимания можно аппроксимировать функцией (законом) нормального распределения.

Учитывая характер распределения свойств внимания, были определены величины взаимосвязи свойств между собой. Для этого рассчитали корреляционные отношения [6]. Как показал корреляционный анализ, свойства внимания нельзя считать полностью независимыми друг от друга. Степень взаимосвязи не высокая (корреляционное отношение $\eta = 0,3$), но достоверна. Для предсказательных целей эти величины не очень велики, но для анализа общих закономерностей изменения оправданы.

С другой стороны, из изученных свойств внимания наиболее важными для лиц с экстремальными профессиями оказались свойства переключения и объема. Они более тесно и достоверно коррелируют с показателями успешности профессиональной деятельности, определяемой по [4].

Дальнейший анализ позволил выявить еще одну закономерность. Группы с полярным уровнем внимания отличались по внутренней орга-

низации психофизиологической сферы. У лиц с повышенным уровнем внимания сильных корреляционных связей ($\eta > 0,5$) между разными качествами было в 2,5 раза больше, чем в группе лиц с пониженным уровнем внимания. У последних количество сильных связей не превышало 7. Но слабые связи потенциально обеспечивают, как известно, лучшую адаптацию к новым условиям, особенно на стадиях обучения, упражнения, тренировки.

Вышеизложенные результаты собственных исследований, еще более широкие накопившиеся сведения о механизмах внимания, а также продвижение общенаучных точных представлений позволяют реализовать моделирование внимания. Но в начале приведем некоторые дополнительные обоснования.

Прежде всего остановимся на элементарном временном интервале (τ) акта внимания. Очевидно интервал состоит из двух слагаемых. Первое — время (τ_ϕ) задержки (фиксации) внимания на одном отдаленно взятом объекте из некоторой однородной их совокупности (цифр, букв, колец Ландольта, иных). Второе — время (τ_n) переключения (перемещения, перевода, перескока) внимания с одного объекта из той же совокупности к следующему. При однородных объектах время перевода внимания от объекта к объекту принимают константным. Наиболее соответствует ему среднее время перемещения внимания, так как в элементарном акте его случайные колебания относительно малы, по сравнению со средней величиной.

Итак, элементарный временной акт внимания равен:

$$\tau = \tau_\phi + \tau_n \quad (2)$$

Реальное время проявления любого свойства внимания (концентрации, переключения, распределения, иного) состоит из суммы (Σ) нескольких элементарных актов — двух, трех, n -го количества ($2\tau, 3\tau, \dots n\tau$):

$$n\tau = \Sigma (\tau_\phi + \tau_n) \quad (3)$$

Приведенный анализ временной координаты в процессах внимания позволяет опереться на методологическую базу одной из точных наук — синергетику [7].

Переключение внимания с точки зрения синергетики, современной представительницы точных наук, представляет собой бифуркационный процесс. При этом концентрацию внимания можно считать первым его этапом, когда внимание направлено лишь на один объект. Внимание

последовательно раз за разом останавливается и вновь направляется на тот же объект. Интервал времени наблюдения этого единичного объекта не превышает предельно допустимого, т.е. до выключения от утомления или других причин. После интервала реституции аппарата внимания оно вновь обращается к тому же объекту. Так может происходить много раз, что и называется концентрацией, внутри которой на самом деле есть малые перерывы, часто незаметные ни субъектом, ни экспериментатором. Подобный процесс происходит и при буквальном переключении внимания с одного на другой, третий и т.д. объекты.

Соответствие переключения внимания с этапом концентрации синергетической концепции подтверждает и принятое большинством психологов наиболее убедительное объяснение одномоментности (симультанности) опознания. Согласно этой концепции [8, 9], в памяти человека содержатся интегральные перцепты, каждый из которых отражает в своем целостном образовании главные признаки некоторого класса объектов. При опознании какого-то конкретного объекта он сравнивается с классами и относится к одному из них. Присутствующие в опознаваемом объекте не характерные для класса признаки индивидуализируют его внутри класса.

Только что изложенное концептуальное представление об интегральном классовом перцепте ничем существенным не отличается от понятия аттрактор (притягиватель) в синергетике. Аттрактор, активно притягивая некоторый класс объектов, тем самым дифференцирует их от остальных объектов. Но синергетика дает не только сходную общенаучную концепцию, но предлагает соответствующий математический аппарат моделирования подобных явлений (процессов) в самых различных областях науки [7, 10].

В вышеизложенном синергетическом смысле численные характеристики (например, количество объектов внимания) единого процесса концентрация — переключение внимания зависит от уровня управляющих параметров в единой модели, отражающей анализируемый процесс. В системе любой деятельности управляющим параметром для субъектности внимания служит мотивация. Ее уровень представляет силу, дающую также качественные переходы от свойства к свойству внимания (см. ниже). Напомним, что внимание в системе деятельности выступает индикатором внутреннего состояния и динамики звеньев системы, а также внешних

воздействий. Кроме того, вышеизложенные соображения приводят к заключению, что наиболее подходящей моделью для описания внимания можно считать так называемую квадратичную форму. Ее общие преимущества и возможности изложены в книге В.А. Максимовича и соавт. [11]. Кроме того, в нижеприведенной модели учтены закономерности еще одной представительницы точных наук — так называемой обобщенной термодинамики [12], входящую также в синергетику.

Состояние внимания до его активации, условно называемое рассеянным, в модели (4) соответствует исходному уровню. Динамику внимания от этого уровня (4) и в любые последующие моменты от активированных уровней (5) можно описать следующим образом:

$$B_{\tau} = B_0 [\lambda(B_{\infty} - B_0) + 1], \quad (4)$$

$$B_{(n+1)\tau} = B_{n\tau} [\lambda(B_{\infty} - B_{n\tau}) + 1], \quad (5)$$

где B_0 — исходный уровень внимания;

B_{∞} — максимально возможная величина показателя свойства внимания в масштабе его изменения $0 \dots 1$; $B_{\infty} = 1$;

$B_{n\tau}$, $B_{(n+1)\tau}$ — в итерационном процессе каждый раз соответственно предыдущая и последующая во времени величина показателя внимания;

λ — управляющий параметр, композиционный сочетающий мотивационный потенциал (М) и адаптивность (А): $\lambda = МА$. В λ имплицитно включена операция упорядочения размерностей в модели.

В диапазоне $3 < \lambda < 3,575$, который представим как $3000 \cdot 10^{-3} < \lambda < 3575 \cdot 10^{-3}$, где 10^{-3} знаменатель, переключение внимания отображает ряд четных (кратных 2) цифр числителя — 3000, 3002...3574, а распределение внимания отображает ряд нечетных цифр числителя — 3001, 3003...3575.

Как видно из модели, в ней нет ни одного произвольного параметра, все они содержательны. Модель первичной активации (4) и модель итерации активированных уровней (5) дает следующую содержательную интерпретацию:

При управляющем параметре в диапазоне его величин $0 < \lambda \leq 1$ ($\lambda = 0$ соответствует отсутствию сознания) любая начальная величина произвольного или произвольного сдвига внимания постепенно снижается и в пределе через n элементарных интервалов времени внимание возвращается к исходному уровню, бывшему до сдвига.

В диапазоне величин управляющего параметра $1 < \lambda \leq 3$ внимание приобретает новый устой-

чивый уровень, превышающий исходный уровень. При этом повышение стабильно и равно $(\lambda - 1)/\lambda$. Именно в этом диапазоне управляющего параметра внимание получило у психологов и психофизиологов название концентрация или сосредоточение внимания.

В диапазоне величин управляющего параметра $3 < \lambda < 3,575$ происходит последовательное раздвоение (бифуркация) стационарных уровней. Вместо одного появляется два, затем четыре, потом восемь и теоретически может быть много больше. Причем, например, при двух уровнях внимание переходит от одного к другому, что соответствует его переключению с одного на другой объект. Аналогично с четырьмя и более стационарными состояниями.

Выше было сказано, что модель допускает множество стационарных состояний. Но практически применительно к ее использованию для описания переключения внимания бифуркационный ряд прерывается за некоторый реально заданный промежуток времени.

Переключение внимания представляет собой принципиально сукцессивный процесс (последовательно происходящий во времени, причем в данном случае прерывистый) с задействованием преимущественно одного анализатора. Распределение внимания отличается от переключения преимуществом симультанности, т.е. одновременности и полимодальности восприятия качеств объектов через разные анализаторы. В модель введен ключ-фильтр, аналог триггерного устройства для величин управляющего параметра λ . В одном положении ключа фильтр пропускает только четные (по числителю) величины λ , что запускает процесс переключения внимания. В другом положении ключа фильтр пропускает лишь нечетные (по числителю) величины λ из того же диапазона изменений $3000 \cdot 10^{-3} < \lambda < 3575 \cdot 10^{-3}$, что в модели сопоставлено с распределением внимания. При этом все вышеизложенное описание, весь его алгоритм, относящийся к переключению внимания, почти дословно воспроизводится с заменой термина переключение на распределение.

Модель дает возможность определить также устойчивость внимания, причем по любому качеству, как распределения, так и переключения. Для этого сравнивают сходимость экспериментальных данных с теоретическими, предсказываемыми моделью, при одних и тех же началь-

ных условиях. Достоверность расхождения (совпадения) эмпирического и теоретического рядов можно определить по одному из общепринятых статистических критериев.

Экспериментальная и теоретическая кривые могут достоверно не отличаться, но как говорилось выше, экспериментальные кривые обрываются при ограниченном количестве бифуркационных объектов. Это происходит как при переключении, так и при распределении внимания и по сути характеризует объем внимания с двух сторон. Компьютерные методы и численные решения на основе данных обследования человека позволяют получить обоснованные величины объема внимания у него.

При чрезмерном напряжении управляющих вниманием механизмов, что в модели отображено тем, что λ превышает 3,575, в динамике внимания происходят серьезные изменения. Оно становится хаотичным, не способным проявлять свои качества, т.е. расстраивается, нарушается. Это явление получило название детерминированный хаос, так как детерминировано конкретным воздействием управляющего параметра — главным образом запредельной мотивацией. С другой стороны, у некоторых людей мотивация не активируется в должной мере, не формируется [13]. В результате внимание остается рассеянным, соответствующим в модели управляющему параметру $\lambda < 1$.

Модель пригодна (работает) для описания как внешнего отслеживания, так и для наблюдения за собственными психопроцессами.

Таким образом, предложенная математическая модель учитывает и позволяет характеризовать свойства внимания: его исходное или неактивированное рассеянное состояние, концентрацию, переключение, распределение, объем, устойчивость, а также наступление расстройств при чрезмерной или недостаточной активации управляющих механизмов.

Выводы

1. Индивидуальные отличия свойств внимания сопряжены с организацией связей в психической сфере и ограничено, но достоверно влияют на успешность профессиональной деятельности людей в экстремальных условиях.

2. Разработанная математическая модель отображает теоретически и позволяет практически охарактеризовать разнообразные свойства внимания и его расстройства.

ФУНКЦІЯ УВАГИ У ЛІКВІДАТОРІВ АВАРІЙ І ЇЇ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Донецький національний університет, Донецький державний медичний університет ім.
М.Горького, Черкаський інститут пожежної безпеки

Ціль дослідження: встановлення впливу уваги на ефективність професійної діяльності і побудова моделі закономірностей його функціонування.

Методи дослідження. Для визначення властивостей уваги проводилось двохвилинне апаратно-комп'ютерне тестування. Обстежуваним (200 ліквідаторам аварій і пожеж) у випадковому порядку подавались світлові сигнали через строго обмежені проміжки часу. Необхідно було швидко і точно визначити кількість і місце розташування одночасно висвічуваних сигналів. Результати часу і точності (безпомилковості) відповідей автоматично видавались комп'ютером і представлені в нормованій шкалі 0...1 умовних одиниць.

Результати дослідження. Виявлені достовірні індивідуальні розходження функцій уваги у ліквідаторів аварій і пожеж. Розподіл властивостей уваги вірогідно не відрізняється (за критерієм Колмогорова) від нормального закону Гаусса.

Властивості уваги взаємозалежні між собою на рівні 0,3 кореляційного відношення. Вони зв'язані з показниками інших психічних функцій, особливо тісно в осіб, що віднесені до групи з гарною їх якістю. Існує власний час процесів уваги, що має елементарний часовий акт. Реальний час прояву будь-якої властивості уваги складається з декількох елементарних тимчасових актів.

Представлена розроблена математична (синергетична) модель, що характеризує практично усі функції уваги: концентрацію, переключення, розподіл, обсяг, стійкість, а також настання їх розладів при надмірній (хаотична динаміка) чи недостатній (розсіяна увага) активації керуючих механізмів.

Висновки. Індивідуальні відмінності властивостей уваги сполучені з організацією зв'язків у психічній сфері й обмежено, але вірогідно впливають на успішність професійної діяльності людей в екстремальних умовах.

Розроблена математична модель відображає теоретично і дозволяє практично охарактеризувати різноманітні властивості уваги і її розладу. (Журнал психіатрії та медичної психології. — 2003. — № 1 (10). — С. 65-69)

V.A.Maximovich, O.S.Goretsky, N.G.Krishtahl, I.I.Soldak, N.I.Tarapata

FUNCTION OF ATTENTION AND ITS MATHEMATICAL MODELLING FOR PROFESSIONAL RESCUERS

Donetsk National University, Donetsk State Medical University, Cherkassy Institute for Fire Safety

Purpose of research: to determine how properties of attention contribute to the success of professional activities; modelling of the function of attention.

Methods used for research. A series of computer-aided tests were conducted, each lasting for two minutes, to determine properties of the function of attention. Group under examination consisting of 200 participants (professional rescuers and fire-fighters) were exposed to random light signals at limited intervals. The participants were supposed to quickly and accurately determine quantity and source of simultaneous flashes. The results were automatically displayed using "0" to "1" scale in conventional units.

Results of research. It has been proven that participants to recovery operations have individually different functions of attention. Distribution of properties of attention are no different from standard Gauss law (according to Kolmogorov's criterion).

Properties of attention are interconnected at a level of 0.3 correlation ratio depending on some other psychic functions, which is especially valid for individuals with high quality of such functions. There exists individual time period for attention-related processes with elementary time act. Real time for any manifestation of any property is the result of several elementary time acts.

Mathematical (synergic) model has been developed to define almost all functions of attention: concentration, shifting, distribution, volume and stability, as well as their disorders under excessive (chaotic dynamics) or insufficient (dispersed attention) activation of control mechanisms.

Conclusions. Individual properties of attention depend on pattern of connections in psychic sphere and produce proven though limited effect upon activities of professionals under extremal conditions.

This mathematical model shows theory behind properties of attention and its disorders and helps characterize them practically. (The Journal of Psychiatry and Medical Psychology. — 2003. — № 1 (10). — P. 65-69)

Литература

1. Кудинова Т.В., Максимович В.А. Психофизиологические аспекты безопасности труда горнорабочих. — М.: ЦНИИУголь, 1985. — 34 с.
2. Верченко Н.В. Повышение эффективности труда операторов энергоблоков путем совершенствования их внимания. — Автореф... канд. биол. наук. К., 1987. — 24 с.
3. Романенко В.О. Физиологічне обґрунтування професійно орієнтованої фізичної підготовки. — Автореф... докт. биол. наук. — К., 1994. — 51 с.
4. Кришталь М.А., Максимович В.О. Оцінка ефективності професійної діяльності ліквідаторів пожеж // Вісник товариства ім. Т.Г. Шевченка. — К., 2002. — С. 25-29.
5. Жовинский А.Н., Жовинский В.Н. Инженерный экспресс-анализ случайных процессов. — М.: Энергия, 1979. — 112 с.
6. Ферстер Э., Ренд Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 302 с.
7. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика

- и прогноз будущего. 2-е изд. — М.: Эдиторал УРСС, 2001. — 288 с.
8. Шехтер М.С. Зрительное опознание: закономерности и механизмы. — М.: Педагогика, 1981. — 264 с.
9. Шехтер М.С. Проблемы опознания // Познавательные процессы: ощущения, восприятие. — М.: Педагогика, 1982. — С. 300 — 330.
10. Максимович В.А., Беспалова С.В. Математическое моделирование в медицинской биофизике. — Донецк: Изд-во Донецкого национального университета, 2002. — 204 с.
11. Максимович В.А., Мухин В.В., Беспалова С.В. Медицинская психофизика. — Донецк: Изд-во Донецкого национального университета, 2001. — 150 с.
12. Максимович В.А. Эргометрическая устойчивость человека. — К.: Здоров'я, 1985. — 128 с.
13. Василюк Ф.Е. Психология переживания (анализ преодоления критических состояний). — М.: Изд-во Московского университета, 1984. — 200 с.

Поступила в редакцию 14.09.03