

**Композитная формула мониторинга функционального состояния  
инженера-конструктора при САД-деятельности с использованием био-мышь**

**Научный руководитель – Копылова Наталья Вячеславовна**

**Тюлин Павел Вячеславович**

*Аспирант*

Тверской государственной университет, Тверь, Россия

*E-mail: tyulin.pavel@gmail.com*

В психологии труда функциональное состояние (ФС) рассматривается как динамическая структура регуляции деятельности, обуславливающая результативность, устойчивость качества и «цену деятельности» (затрачиваемые усилия) в конкретных условиях труда [3]. Для цифрового конструкторского труда (САД) характерны высокая информационная плотность, длительное поддержание внимания и частые переключения между микрозадачами, что повышает вероятность внутрисменных колебаний напряжения и утомления и, как следствие, ошибок и снижения качества решений [3, 9]. Классические формы контроля состояния (опросы, тесты, периодические осмотры) недостаточно чувствительны к быстрой динамике ФС и нередко нарушают естественный ход деятельности. Поэтому перспективной становится встроенная (*in situ*) диагностика, интегрирующая данные самоотчёта, поведенческие «цифровые следы» взаимодействия с интерфейсом и психофизиологические индикаторы, регистрируемые ненавязчиво в рабочем процессе [2, 3]. При этом субъективный канал важен не только как «симптоматика», но и как способ корректной интерпретации смысловой структуры переживаемого состояния (напряжение, тревога, сонливость, усталость), что подчёркивается в психосемантических исследованиях ФС [1]. В качестве рабочего решения на этапе апробации целесообразно задавать операциональную модель и простой интерпретируемый композитный индекс, который объединяет маркеры активации/напряжения автономной нервной системы и может быть дополнен параметрами взаимодействия с мышью как поведенческими индикаторами [4, 5, 8, 10]. Ниже формализуется предложенная формула индекса и приводится её теоретическое обоснование применительно к работе инженера-конструктора. Логика операционализации. ФС не наблюдается напрямую и проявляется на нескольких уровнях (субъективном, поведенческом, психофизиологическом). Поэтому диагностический вывод должен опираться на согласование каналов и привязку к требованиям деятельности и расширенным критериям эффективности (результативность, стабильность качества, «цена деятельности») [3]. Исходная формула композитного индекса (предложена в статье как стартовая операционализация с равными весами на этапе апробации):

$$I = z(HR) - z(RMSSD) + z(SCL) + z(SCR_{\text{freq}}).$$

Смысл стандартизации. Здесь  $z$  —  $z$ -оценка, позволяющая привести разноразмерные показатели к сопоставимой шкале и персонализировать оценку относительно индивидуального фона:

$$z(x) = \frac{x - \mu_{\text{baseline}}}{\sigma_{\text{baseline}}}.$$

Персонализация критична, поскольку межиндивидуальные различия по «базовым» физиологическим уровням и стилю работы могут быть сопоставимы с эффектом текущего состояния [5]. Психофизиологическое обоснование знаков и компонент. Рост  $HR$  и электрокожной активности ( $SCL$ ,  $SCR_{\text{freq}}$ ) отражает повышение общей активации/напряжения

и реактивности, что делает их чувствительными индикаторами изменений состояния в задачах с когнитивной нагрузкой [4]. Показатель *RMSSD* относится к кратковременной вариабельности сердечного ритма и используется как маркер динамики автономной регуляции; на практике при росте напряжения/стресса он часто снижается, что и задаёт знак «минус» в формуле [10]. Поскольку стрессовые реакции мультисистемны, интерпретация строится на совокупности индикаторов, а не на одном сигнале [7]. Почему формула подходит для встроенного мониторинга «в моём случае» (инженер-конструктор + сенсорная мышь). Сенсорная компьютерная мышь позволяет контактно регистрировать фотоплетизмограмму и электрокожные показатели без прерывания работы, что соответствует требованию ненавязчивой диагностики *in situ* [12]. Дополнительно «цифровые следы» (скорость/ускорение движений, паузы, частота кликов) могут отражать изменения темпа и устойчивости внимания и демонстрируют чувствительность к стрессовым условиям [5, 6]. Фактическая реализуемость распознавания стрессовых состояний при работе за ПК по данным сенсоров, встроенных в устройства ввода, показана в исследованиях на уровне прототипов и прикладных сценариев [8]. Расширение индекса для повышения чувствительности к утомлению (вариант для проверки гипотезы). Если требуется сильнее «поймать» сдвиги стратегии (экономизация усилий, рост простоев/микропауз), индекс может быть дополнен поведенческим компонентом:

$$I^* = I + z(PauseRate),$$

где *PauseRate* — частота/доля пауз в активности мыши (рост пауз интерпретируется как возможная экономизация усилий, снижение устойчивости внимания или смена стратегии) [6, 9]. Такой шаг согласуется с идеей, что утомление связано не только с «истощением», но и с регуляцией усилия и контроля целей (человек может сохранять результат, повышая внутреннюю цену деятельности) [9]. Предложенный композитный индекс теоретически обоснован как первичная операционализация динамики функционального состояния в цифровом конструкторском труде: он интегрирует маркеры автономной активации/напряжения, допускает персонализацию через *z*-стандартизацию и реализуем в режиме встроенного мониторинга с использованием сенсорной компьютерной мыши. Сильной стороной формулы является интерпретируемость (понятные направления вкладов) и возможность расширения поведенческими показателями взаимодействия с интерфейсом, что важно для фиксации стратегий компенсации и экономизации усилий при утомлении [5, 6, 9]. Дальнейшие задачи апробации: (1) собрать данные в типовых САД-сценариях с калибровкой индивидуального фона; (2) проверить согласованность каналов по самоощущению и динамике мыши; (3) оценить критериальную валидность по показателям качества и трудоёмкости конструкторской документации; (4) эмпирически уточнить веса/пороги и правила интерпретации для зон «оптимум — напряжение — утомление» [2, 3, 11].

### Источники и литература

- 1 Абдуллаева М.М. Особенности психосемантического описания функциональных состояний // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2019. № 1. С. 34–50. DOI: 10.11621/vsp.2019.01.34.
- 2 Кузнецова А.С., Титова М.А., Злоказова Т.А. Психологическая саморегуляция функционального состояния и профессиональная успешность // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2019. № 1. С. 51–68. DOI: 10.11621/vsp.2019.01.51.
- 3 Леонова А.Б., Кузнецова А.С. Структурно-интегративный подход к анализу функциональных состояний: история развития и перспективы // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2019. № 1. С. 13–33. DOI: 10.11621/vsp.2019.01.13.

- 4 Boucsein W. Electrodermal Activity. New York: Springer, 2012. DOI: 10.1007/978-1-4614-1126-0.
- 5 Carneiro D., Novais P., Pêgo J.M., Sousa N., Neves J. Using Mouse Dynamics to Assess Stress During Online Exams // Hybrid Artificial Intelligence Systems (HAIS 2015). Lecture Notes in Artificial Intelligence. Vol. 9121. Cham: Springer, 2015. P. 345–356. DOI: 10.1007/978-3-319-19644-2\_29.
- 6 Dias da Silva T., Postma-Nilsenová M. Wandering minds, wandering mice: A direct test of the link between mind wandering and human–computer interaction // Computers in Human Behavior. 2020. Vol. 112. Art. 106453. DOI: 10.1016/j.chb.2020.106453.
- 7 Ganster D.C., Rosen C.C. Work Stress and Employee Health: A Multidisciplinary Review // Journal of Management. 2013. Vol. 39(5). P. 1085–1122. DOI: 10.1177/0149206313475815.
- 8 Hernandez J., Paredes P., Roseway A., Czerwinski M. Under Pressure: Sensing Stress of Computer Users // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '14). New York: ACM, 2014. P. 51–60. DOI: 10.1145/2556288.2557165.
- 9 Hockey R. The Psychology of Fatigue: Work, Effort and Control. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- 10 Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms // Frontiers in Public Health. 2017. Vol. 5. Art. 258. DOI: 10.3389/fpubh.2017.00258.
- 11 «Типовые нормативы времени на разработку конструкторской документации. ШИФР 13.01.01» (утв. ФГБУ «НИИ ТСС» Минтруда России 07.03.2014 № 003) [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/tipovye-normativy-vremeni-na-razrabotku-konstruktorskoi-dokumentatsii/>
- 12 Универсальная психофизиологическая лаборатория – БиоМышь. Компьютерная мышь с датчиком пульса. Руководство пользователя. М.: ООО «НейроЛаб», 2008–2017. URL: <http://bio-mouse.ru/>.