

DOI: 10.26693/jmbs03.06.209

УДК 612.825.8+613.685

Фирсов А. Г.<sup>1</sup>, Кочин О. В.<sup>2</sup>

## ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ВАЛИДНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

<sup>1</sup>ООО "АСТЕР-АЙТИ", Харьков, Украина<sup>2</sup>Черноморский национальный университет им. Петра Могилы, Николаев, Украина

kochinami@gmail.com

Обеспечение безопасности производственной деятельности включает задачу снижения рисков, связанных с нарушением профессиональной надежности персонала, несоответствием индивидуальных психофизиологических качеств человека производственным заданиям. Существующие в настоящее время программные комплексы для психофизиологической экспертизы потенциально не способны обеспечить надежность и валидность результатов исследований из-за присутствия несистематической погрешности измерений, соизмеримой по величине с полезным сигналом. Источниками погрешностей измерения являются высокие значения времени формирования/предъявления визуальных стимулов, регистрации ответа испытуемого и отсутствие гарантированного времени отклика ПК на внешние события.

Решением проблемы надежности и валидности психофизиологических исследований является использование аппаратно-программных комплексов, в которых предусмотрено аппаратное формирование сигналов-стимулов в сочетании с аппаратной регистрацией ответа испытуемого, что позволяет минимизировать погрешность измерения времени реакции на визуальные стимулы.

**Ключевые слова:** психофизиологическая экспертиза, надежность, валидность, программные комплексы.

**Введение.** Обеспечение безопасности производственной деятельности включает задачу снижения рисков, связанных с нарушением профессиональной надежности персонала, несоответствием индивидуальных психофизиологических качеств человека выполняемому труд. Особенно это относится к труду, связанному с высокой «ценой» ошибок, например, диспетчерского и операторского состава, водителей разных видов транспорта. На решение проблемы обеспечения надежности профессиональной деятельности направлен профессиональный психофизиологический отбор, а также другие психофизиологические исследования

(ПФИ), позволяющие оценить функциональное состояние человека, выявить влияние на него производственных факторов и разработать научно обоснованные критерии его оценки.

Несмотря на критическую важность задач, решаемых с помощью психофизиологической экспертизы (ПФЭ), техническое обеспечение, используемое для ее проведения, не способно обеспечить адекватный уровень надежности и валидности получаемых результатов. Это отчасти обусловлено тем, что основными средствами для проведения ПФЭ в Украине являются программные комплексы, разработанные в 90-х годах прошлого века и адаптированные для работы с современным аппаратным обеспечением [2–4]. Их использование зачастую регламентируется специальными приказами, изданными различными организациями и ведомствами.

Практически всем существующим программным тестовым комплексам для ПФИ/ПФЭ присущ ряд существенных недостатков, связанных с наличием потенциально неустранимой несистематической ошибки измерения, зависимостью результатов исследований от влияния внешней среды и отсутствием метрологической экспертизы. С развитием аппаратных и программных возможностей вычислительной техники дальнейшее применение таких чисто программных решений стало проблемным, а результаты их работы – сомнительными.

**Цель работы** – оценка проблем обеспечения надежности и валидности результатов психофизиологических исследований при использовании программных тестовых комплексов.

**Объект и методы исследования.** Объектом исследования явились программные комплексы, используемые для проведения ПФИ/ПФЭ в Украине. При проведении исследований использованы методы:

- синтеза обобщенного принципа технической реализации задачи исследования времени реакции человека на визуальные стимулы;
- анализа влияния способа технической реализации на результаты исследований;

- дедукції проблем забезпечення надійності і валідності результатів психофізіологічних досліджень.

**Результати дослідження і їх обговорення.**

В основі більшості експертних методик, використовуваних для оцінки психофізіологічних характеристик, лежить дослідження часу, якості і согласованності реакції людини-испытуемого на послідовності сигналів-стимулів. На **рис. 1** показано узагальнений принцип технічної реалізації задачі дослідження часу реакції людини на візуальні стимули.

Згідно **рис. 1**, технічне рішення задачі дослідження реакції складається з послідовності операцій:

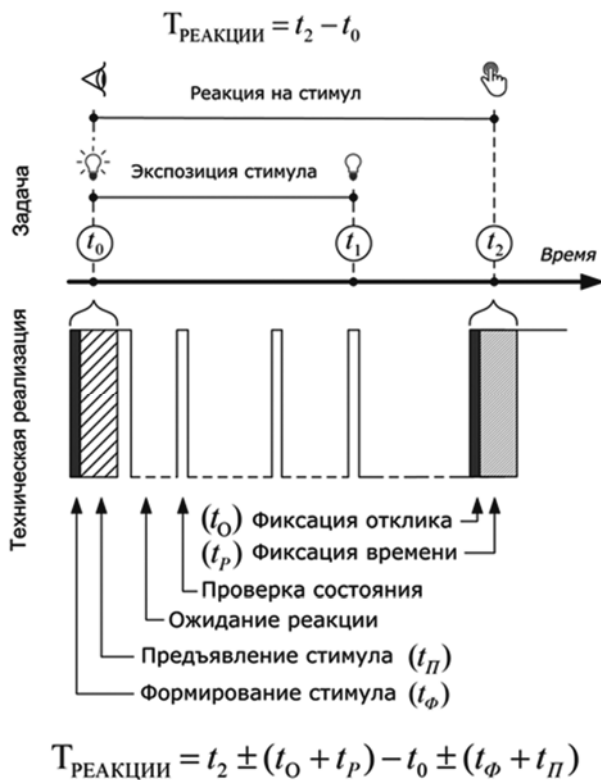
- формування зображення стимула і його пред'явлення испытуемому з допомогою дисплея,
- циклічно повторюючої перевірки стану клавіатури і очікування,
- фіксації відклику клавіатури на натискання,
- фіксації параметрів реакції.

Ітогове час реакції ( $T_{\text{реакции}}$ ) розраховується як різниця між моментами часу надходження відповіді ( $t_2$ ) і пред'явлення стимула ( $t_0$ ). Оскільки кожна операція потребує певного часу для свого виконання, то ці моменти неможливо однозначно визначити. Тому кінче-

ний результат завжди буде містити певну частку несистематичної похибки. Очевидно, що чим менше час виконання операцій, тим точніше будуть вимірювання.

Прийнято вважати, що сучасні персональні комп'ютери (ПК) мають достатньою швидкістю для рішення будь-яких завдань, але очевидним фактом є те, що при наявності колосальної обчислювальної потужності час їх відклику на зовнішні події більший, ніж час, необхідний ПК 80-х-90-х років випуску. Всі персональні комп'ютери того часу працювали під управлінням однопользовательских однозадачных операционных систем (MS-DOS, CP/M), по суті являючись тільки командними оболочками. Прикладні програми взаємодіявали з апаратним забезпеченням ПК напрямок, при цьому повністю і однозначно контролюючи всі операції. З появою ранніх багатозадачных операционных систем (ОС) сімейства Microsoft Windows старі програми ще могли правильно працювати, так як ці ОС дозволяли легко переходити в режим MS-DOS. Після масового переходу персональних комп'ютерів на безпечну багатопользовательскую ОС Microsoft Windows NT виникли серйозні проблеми. Ці і наступні ОС стали забороняти програмам напрямок працювати з периферійними пристроями типу клавіатури і дисплея. Для реалізації взаємодія з новими ОС пропонували зручний прикладний апаратно-незалежний програмний інтерфейс, реалізуваний з допомогою службових програм – драйверів. Крім того, операційна система сімейства Microsoft Windows реалізує стратегію карусельної багатозадачности, тобто кожній задачі (програми) з рівним пріоритетом виділяється фіксований квант часу процесора, при цьому виконання задачі може бути перервано і продовжено через неопределенное время. При такій стратегії абсолютно не гарантовано, що операція буде виконана в конкретний момент часу. Таким чином, при використанні багатопользовательской ОС втрачалась согласованность операций в технической реализации задачи исследования, при цьому швидкість ПК грає второстепенную роль.

Як видно на **рис. 1**, початковий момент часу  $t_0$  технічно неможливо однозначно визначити, його значення завжди буде знаходитися в діапазоні  $t_0 \pm (t_{\phi} + t_{\pi}) / 2$ . Апаратне забезпечення сучасних ПК дозволяє знизити час формування ( $t_{\phi}$ ) простого стимула (наприклад, закрашеного прямокутника) до пренебрежительно малого значення, але час пред'явлення ( $t_{\pi}$ ) може мати досить широкий діапазон значень.



**Рис. 1.** Узагальнений принцип технічної реалізації методики психофізіологічних досліджень

В теории, время предъявления может составлять около 18–36 миллисекунд. Часть этого времени (от 4,4 до 16 мс) обусловлена принципом формирования изображения на экране монитора, которое состоит из отдельных кадров и последовательно отображается с частотой от 60 до 240 раз в секунду. От 2 до 10 мс составляет время отклика жидкокристаллического дисплея. Для устранения мерцания изображения на экране, связанного с несовпадением моментов времени окончания его формирования и вывода на дисплей, широко применяется технология двойной буферизации, что может приводить к увеличению времени предъявления сигнала-стимула в 2 раза. В соответствии с данными зарубежных публикаций, время задержки вывода изображения на дисплей ( $t_{\phi} + t_{\eta}$ ) может составлять 59–120 мс [5–7]. При реализации чисто программных системы отсутствует техническая возможность исключения (или учета) влияния времени формирования ( $t_{\phi}$ ) и времени предъявления ( $t_{\eta}$ ) сигнала на результат исследований, что приводит к возникновению несистематической ошибки измерений и недостоверности полученных результатов.

На рис. 1 так же видно, что и конечный момент времени  $t_2$  имеет размытые границы и может быть определен с точностью  $t_2 \pm (t_0 + t_p) / 2$ . Этот диапазон в значительной мере определяется временем отклика компьютерной клавиатуры ( $t_0$ ), то есть временем от начала перемещения толкателя клавиши до поступления соответствующего сигнала в ПК. В персональных компьютерах первых поколений клавиатура являлась основным способом взаимодействия с пользователем, от её качества зависела итоговая работоспособность ПК. Главным недостатком механических клавиатур является то, что переход клавиш из одного состояния в другое осуществляется не одновременно, в этом процессе имеется временной промежуток неопределенного состояния (рис. 2).

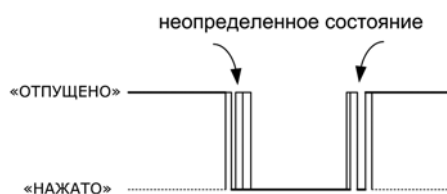


Рис. 2. Процесс переключения механических клавиш

Если не применять специальные меры, то такая ситуация приводит к многократным ложным срабатываниям (т.н. «дребезгу контактов»). Для устранения этого явления при обработке сигнала от механических клавиш вводится задержка на время переходного процесса, значение которой

может варьировать в диапазоне от 4 до 100 мс. К этому времени так же добавляется время перемещения клавиши из одного состояния в другое, которое составляет около 10 мс. Исследования «быстрых игровых» клавиатур показали, что время отклика лучших из них составляет 15–60 мс [8], однако это время учитывает только моменты между нажатием на клавишу и поступлением её соответствующего кода на вход ПК. Далее этот код должен обрабатываться средствами ОС, что может составлять около 16 мс (время фиксации  $t_{\phi}$ ) при использовании ПК под управлением Microsoft Windows7. Это время зависит от настроек внутри самой ОС. Современные операционные системы (Microsoft Windows 8 и 10) могут использовать стратегию динамического переключения задач, что может увеличить время обработки кода нажатой клавиши до 300 мс [9]. Время задержки ввода, представляющее собой сумму времени отклика ( $t_0$ ) и фиксации ( $t_{\phi}$ ), для современных ПК может составлять около 100 мс [10]. Причем это значение не является детерминированным, что так же приводит к росту несистематической ошибки и снижению достоверности результатов.

Из различных литературных источников известно, что в среднем время простой зрительно-моторной реакции составляет около 250 мс [11, 12], тогда как несистематическая ошибка измерения с использованием программных комплексов составляет около 100 мс. Естественно, что ни о какой надежности и валидности таких исследований не может быть и речи.

Ещё одним не мало важным фактором, снижающим достоверность результатов, полученных с использованием программных система ПФИ/ПФЭ, является предъявление стимулов-заданий с использованием не изолированных от внешних воздействий средств отображения визуальной информации (экранов, сигнальных индикаторов, ламп, светодиодов). Их визуальные характеристики существенно зависят от внешних условий (освещенности помещений, расположения монитора по отношению к источникам света, углов обзора и др.), что может приводить к искажению результатов исследований, связанных с распознаванием визуальных стимулов. Значимость влияния условий освещенности, цветовой контрастности, размеров и взаимного расположения световых стимулов на процессы возбуждения и торможения была показана в исследованиях, проведенных еще в 50-х годах прошлого века [13, 14]. Это влияние значительно усложняет интерпретацию данных, полученных одними исследователями в различных условиях внешней среды, делает невозможным проведение корректного метаанализа.

Выходом из описанной выше ситуации является применение аппаратных дополнений к ПК в виде отдельных приборов, которые формируют тестовые стимулы в изолированной среде и регистрируют ответы испытуемых с достаточным уровнем точности. Это позволит повысить достоверность результатов исследований, стандартизировать их, проводить метрологическую поверку.

В последние годы широкое распространение в странах СНГ, включая Украину, получили аппаратно-программные комплексы, в которых исследования психомоторных реакций производится аппаратными методами. Например, реализованный в виде автономного блока комплекс УПФТ-1/30 «Психофизиолог», производимый фирмой Медиком-МТД (Таганрог, Россия), или набор подключаемых компьютерных модулей в комплексе для проведения психофизиологических и психологических тестов «НС Психотест» фирмы Нейрософт (Москва, Россия). Хотя эти комплексы производятся серийно, но на территории Украины их оборот не имеет законных оснований, так они не прошли государственную регистрацию или оценку соответствия техническим регламентам для медицинских устройств. Они так же обладают серьезным недостатком – предъявление сигналов-стимулов производится с помощью небольших светодиодов в среде, не изолированной от внешнего влияния. При наличии переменного внешнего освещения условия проведения исследований не будут постоянными, а при групповых исследованиях может возникнуть взаимное влияние испытуемых друг на друга.

В настоящее время в Украине выпускается единственный программно-аппаратный комплекс на базе прибора для психофизиологических исследований «ПФИ-2», прошедший соответствующие испытания и имеющий свидетельство о государственной регистрации [15]. По состоянию на 2 квартал 2018 года производителем подготовлен весь пакет документов для прохождения процедуры подтверждения соответствия Техническому регламенту для медицинских устройств (постановление

КМУ № 753 от 02 октября 2013 г/). При разработке прибора были учтены недостатки, имеющиеся в аналогичных программно-аппаратных комплексах. В приборе «ПФИ-2» предусмотрено: предъявление сигналов-стимулов в специальных очках или наушниках для исключения влияния условий внешней среды; регистрация и обработка ответа испытуемого аппаратными методами, что позволяет минимизировать погрешность измерения времени. Прибор готов к проведению метрологической аттестации, что позволит проводить психофизиологические исследования с гарантированной точностью и повторяемостью результатов.

#### Выводы

1. Существующие в настоящее время программные комплексы для психофизиологической экспертизы потенциально не способны обеспечить надежность и валидность результатов исследований из-за присутствия несистематической погрешности измерений, соизмеримой по величине с полезным сигналом.
2. Источниками погрешностей измерения являются высокие значения времени формирования/предъявления визуальных стимулов, регистрации ответа испытуемого и отсутствие гарантированного времени отклика ПК на внешние события. Предъявление стимулов-заданий с использованием не изолированных от внешних воздействий средств отображения визуальной информации (экранов, сигнальных индикаторов, ламп, светодиодов) также может приводить к искажению результатов исследований.
3. Только использование аппаратно-программных комплексов, в которых предусмотрено аппаратное формирование сигналов-стимулов в сочетании с аппаратной регистрацией ответа испытуемого, позволяет минимизировать погрешность измерения времени реакции на визуальные стимулы и обеспечить надежность и валидность результатов исследований.

#### Перспективой дальнейших исследований

является оценка методов обработки результатов психофизиологических исследований и формирования заключения о пригодности кандидата для выбранной специальности.

#### References

1. Kalnysh VV. Psykhofyziologicheskaya ekspertiza kak klyuchevoye zveno professyonalnogo otbora u monytoryngha professyonalno vazhnykh kachestv spetsyalystov, rabotayushchykh v uslovyakh s povyshennoy opasnostyu. *Ukrayinsky zhurnal z problem medytsyny pratsi*. 2013; 1(34): 14-23. [Russian]
2. Programnyy tekstovyy kompleks dlya profesiynogo psykhofiziologichnogo vidboru spetsialistiv, yaki zaunyati na robotakh z pidvyshchenoyu nebezpekoyu ("Versiya 1") [digital resource]. *Dyagnostycheskyy tsentr psykhofyziologicheskoy ekspertyzy*. Kyiv; 2018. Available from: <http://enc.kiev.ua> [Ukrainian]
3. Prykhodko DP, Lipatov IY. Metodyka doslidzhennya psykhofiziologichnykh pokaznykiv psykhologichnoyi gotovnosti kursantiv Kharkivskogo universytetu povitryanykh syl im I Kozheduba ta Universytetu tsyvilnogo zakhystu Ukrayiny do vykonannya sluzhbovykh obov'yazkiv za dopomogoyu komp'yuternoyi programy «Diagnost II». *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskogo universytetu Povitryanykh Syl*. 2009; 4(22): 157-63. [Ukrainian]

4. Dvukhkompyuternyy kompleks psikhofyzyologicheskogo otbora mashynystov lokomotyvov «Dyagnost» [digital resource]. Gosudarstvennoe predpriyatie "Nauchno-ysledovatel'skiy ynstytut "Kvant-Radyoelektronika". Kyiv, 2018. Available from: <http://metakievua.ho.ua/dia.html> [Russian]
5. Reduce Input Lag in PC Games: The Definitive Guide [digital resource]. DisplayLag.com. USA: Dilworthtown PA; 2018. Available from: <https://displaylag.com/reduce-input-lag-in-pc-games-the-definitive-guide/>
6. Display Input Lag Database [digital resource]. DisplayLag.com. USA: Dilworthtown PA; 2018. Available from: <https://displaylag.com/display-database/>
7. Untersuchung des Testverfahrens einer Input-Lag-Messung [digital resource]. PRAD ProAdviser GmbH & Co KG. Deutschland, Bremer; 2002-2018. Available from: <https://www.prad.de/untersuchung-des-testverfahrens-einer-input-lag-messung/>
8. Keyboard latency [digital resource]. Recurse Center. USA, NY; 2017. Available from: <https://danluu.com/keyboard-latency/>
9. Better on the inside: under the hood of Windows 8 [digital resource]. CNMN Collection WIRED Media Group. Brooklyn, NY; 2012. Available from: <https://arstechnica.com/information-technology/2012/10/better-on-the-inside-under-the-hood-of-windows-8/2>
10. Computer latency: 1977-2017 [digital resource]. Recurse Center. USA, NY; 2017. Available from: <https://danluu.com/input-lag/>
11. *Human operator response speed, frequency, and flexibility. A review, analysis and device demonstration: Technical Report.* Dunlap and Associates, Inc; Contract No: NAS12-103. USA, Washington; 1967. 80 p.
12. Jain A, Bansal R, Kumar A, Singh KD. A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students. *International Journal of Applied and Basic Medical Research.* 2015; 5(2): 124–7. PMID: 26097821. PMCID: PMC4456887. DOI: 10.4103/2229-516X.157168
13. Kravkov SV. *Tsvetovoe zrenye.* M: AN SSSR; 1951. 175 s. [Russian]
14. *Visual acuity and reaction time in navy fighter pilots: Final report.* Naval aerospace medical research laboratory; Accession Number : ADA178485. – Bethesda; 1986. 27 p.
15. Kochina ML, Fyrsov AG. Apparato-programmnyy kompleks dlya provedeniya psikhofyzyologicheskikh issledovaniy. *Kllynycheskaya ynformatyka y Teledyatsyna.* 2010; 6(7): 113-7. [Russian]

УДК 612.825.8+613.685

### ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ВАЛІДНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

**Фірсов О. Г., Кочін О. В.**

**Резюме.** Забезпечення безпеки виробничої діяльності включає завдання зниження ризиків, пов'язаних з порушенням професійної надійності персоналу, невідповідністю індивідуальних психофізіологічних якостей людини потребам виробничої діяльності. Існуючі в даний час програмні комплекси для психофізіологічної експертизи потенційно не здатні забезпечити надійність та валідність результатів досліджень через присутність несистематичної похибки вимірювань, яка за значенням порівняння з корисним сигналом. Джерелами похибок вимірювання часу реакцій людина є високі значення часу формування/пред'явлення візуальних стимулів, реєстрації відповіді випробуваного і відсутність гарантованого часу відгуку ПК на зовнішні події. Вирішенням проблеми надійності та валідності психофізіологічних досліджень є використання апаратно-програмних комплексів, в яких передбачено апаратне формування сигналів-стимулів у поєднанні з апаратної реєстрацією відповіді випробуваного, що дозволяє мінімізувати похибку вимірювання часу реакції на візуальні стимули.

**Ключові слова:** психофізіологічна експертиза, надійність, валідність, програмні комплекси.

UDC 612.825.8+613.685

### Problems of Ensuring Reliability and Validity of the Results of Psychophysiological Expertise

**Firsov A. G., Kochin O. V.**

**Abstract.** Ensuring the safety of production activities includes the task of reducing the risks associated with the violation of professional reliability of personnel, the inconsistency of individual psycho-physiological qualities of a person with production assignments. Professional psycho-physiological selection is aimed to solve the problem of ensuring professional activity safety, as well as other psycho-physiological studies that allow assessing the functional state of a person, to reveal the influence of production factors on it, and to develop scientifically grounded criteria for its evaluation.

Despite the significant importance of the tasks solved by psycho-physiological expertise, the technical support used to conduct it cannot provide an adequate level of reliability and validity of the obtained results.

*The purpose of the work* is to assess the problems of ensuring reliability and validity of the results of psycho-physiological studies using software test complexes.

*The object of the study* was software complexes used for psycho-physiological examination in Ukraine.

During the research we used the following *methods*: synthesis of the generalized principle of technical realization of the problem of studying the time of human reaction to visual stimuli; analysis of the impact of the technical implementation method on the results of research; deduction of problems reliability and validity of the results of psycho-physiological studies.

It is established that the sources of non-systematic measurement error, which commensurates in magnitude with the useful signal, are the high values of the time of visual stimuli formation / presentation, the registration of the person's response and the lack of guaranteed time of the computer response to external events. Another factor reducing reliability of the results obtained by using software systems is the presentation of stimuli-tasks using means of displaying visual information (screens, signal indicators, lamps, light-emitting diodes) that are not isolated from external influences. The visual characteristics of the information display means essentially depend on external conditions (room illumination, the location of the monitor relative to light sources, viewing angles), which can lead to distortion of the results of studies related to the recognition of visual stimuli.

The analysis showed that we can achieve increasing in accuracy, reliability and validity of psycho-physiological expertise by applying additional hardware devices to the personal computer. These devices help form test stimuli in the isolated environment and record the answers of the subjects with a sufficient level of accuracy. The use of such devices will increase the reliability of the results of psycho-physiological studies, standardize them, and carry out metrological verification.

**Keywords:** psycho-physiological expertise, reliability, validity, program complexes.

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.*

Стаття надійшла 13.07.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування