

<https://doi.org/10.33647/2074-5982-22-1-65-69>



## ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА УРОВНЯ САМОКОНТРОЛЯ

Н.Н. Каркищенко<sup>1</sup>, Д.Б. Чайванов<sup>2,\*</sup>, Ю.А. Чудина<sup>2</sup>, Ю.Ю. Клосс<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»  
143442, Российская Федерация, Московская обл., Красногорский р-н, п. Светлые горы, 1

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»  
123182, Российская Федерация, Москва, пл. Академика Курчатова, 1

В проведённых нами экспериментальных исследованиях было показано, что уровень самоконтроля в процессе выполнения операторской деятельности может быть определён на основе анализа рассогласования длины кардиоинтервала и длины пульсовой волны.

**Ключевые слова:** метод контроля надёжности оператора, метод анализа самоконтроля, повышение эффективности оператора

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Каркищенко Н.Н., Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., Клосс Ю.Ю. Электрооптический метод анализа уровня самоконтроля. *Биомедицина*. 2026;22(1):65–69. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-22-1-65-69>

Поступила 15.12.2025

Принята после доработки 12.01.2026

Опубликована 30.04.2026

## ELECTRO-OPTICAL METHOD FOR EVALUATING THE LEVEL OF SELF-REGULATION

Nikolay N. Karkischenko<sup>1</sup>, Dmitry B. Chaivanov<sup>2,\*</sup>, Yulia A. Chudina<sup>2</sup>, Yury Yu. Kloss<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia  
143442, Russian Federation, Moscow Region, Krasnogorsk District, Svetlye Gory Village, 1

<sup>2</sup> National Research Centre “Kurchatov Institute”  
123182, Russian Federation, Moscow, Akademika Kurchatova Square, 1

The conducted experimental studies show that the level of self-regulation during operator activities can be determined by analyzing the mismatch between the cardio-interval duration and the pulse wave duration.

**Keywords:** operator reliability monitoring, self-regulation analysis, improving operator efficiency

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Karkischenko N.N., Chaivanov D.B., Chudina Yu.A., Kloss Yu.Yu. Electro-Optical Method for Evaluating the Level of Self-Regulation. *Journal Biomed*. 2026;22(1):65–69. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-22-1-65-69>

Submitted 15.12.2025

Revised 12.01.2026

Published 30.04.2026

## Введение

По различным оценкам причиной от 40 до 80% тяжёлых аварий в атомной отрасли были ошибочные или несвоевременные действия операторов. Экономический ущерб от одной тяжёлой аварии на атомной электростанции может составлять десятки триллионов рублей, привести к трудновосполнимым потерям национальной экономики, спровоцировать политическую дестабилизацию и стать одной из причин распада государства.

Ошибочные действия операторов сложных технических комплексов оборонного назначения могут стать причиной полномасштабной ядерной войны, привести к гибели значительной части человечества и катастрофическим последствиям для мировой экономики.

В проведённых ранее исследованиях мы показали, что электрооптический метод может успешно использоваться для контроля таких важнейших параметров, характеризующих эффективность и надёжность операторов, как достаточность церебрального кровообращения [1–3] и адаптивная способность к стрессу и монотонной деятельности [4].

Уровень самоконтроля оператора также является одной из важнейших характеристик, определяющих надёжность и эффективность его функционирования. В настоящей статье нами показано, что уровень самоконтроля может быть проанализирован на основании рассогласования длины кардиоинтервала и длины пульсовой волны, измеряемых в процессе выполнения операторской деятельности.

**Цель работы** — разработка метода анализа самоконтроля, применимого в процессе обучения на тренажёре-эмуляторе и управления сложным техническим комплексом.

## Материалы и методы

Исследование проводили на базе филиала «Клиническая фармакология» ФГБУН

НЦБМТ ФМБА России (Москва). Добровольцы, принявшие участие в исследовании, были ознакомлены с условиями проведения процедуры, одобренной локальным этическим комитетом, и подписывали информированное добровольное согласие.

В исследовании принимали участие 34 добровольца в возрасте 18–57 лет. Все испытуемые были здоровы и не имели патологий сердечно-сосудистой и нервной системы.

Запись показателей производили отдельно для каждого испытуемого, во время которой он находился в сидячем положении, руки располагались на подлокотниках кресла. Запись фотоплетизмограммы (ФПГ) и электрокардиограммы (ЭКГ) осуществлялась одновременно. Для записи ФПГ и ЭКГ использовался психофизиологический телеметрический программно-аппаратный комплекс «Реакор». Запись ЭКГ осуществлялась в стандартном отведении, для этого электроды позиционировались на запястьях. Данные ФПГ одновременно фиксировали с мочки левого уха. Обработка полученных данных осуществлялась с помощью программы Microsoft Excel, пакетов SPSS и Statistica.

С целью выявления степени рассогласования данных, полученных с помощью ФПГ и ЭКГ, в зависимости от уровня активации центральной нервной системы запись ЭКГ и ФПГ осуществлялась в четыре этапа, среди которых один был предварительный и три основных. Предварительный этап проводился с целью стабилизации состояния испытуемого, в ходе которого предъявляли изображения природных ландшафтов и просили испытуемых расслабиться. В дальнейшем обрабатывали данные, полученные только в ходе основных этапов. Запись данных на каждом этапе продолжалась в течение 2 мин. Интервал между этапами, составляющий 10 сек, использовали для предъявления инструкции.

На первом основном этапе осуществлялся базовый замер показателей ФПГ и ЭКГ.

Для этого испытуемому давалась инструкция сидеть спокойно, не двигаться, а в это время в наушниках играла спокойная музыка.

На втором основном этапе в наушники подавались неприятные звуки высокой интенсивности (крики людей, звук сирены, неприятные шумы), которые создавали у испытуемого активацию и даже некомфортное состояние напряжения.

На третьем основном этапе испытуемых просили расслабиться, для создания состояния релаксации на мониторе демонстрировали видеоряд с горными пейзажами, при этом в наушники подавалась спокойная музыка.

Таким образом, на первом и третьем основных этапах поддерживали низкий уровень активации нервной системы, сочетающийся с переориентацией фокуса внимания первой сигнальной системы внутрь. Напротив, на втором этапе уровень возбуждения нервной системы повышался путем применения стимуляции, и происходило направление фокуса внимания на внешние процессы.

По каждому этапу вычисляли среднеквадратичное отклонение длины кардиоинтервала от длины пульсовой волны.

Для выявления возможных психофизиологических особенностей испытуемых, связанных со среднеквадратичным отклонением длины пульсовой волны от длины кардиоинтервала, использовали опросник структуры темперамента В.М. Русалова (ОСТ) и опросник выявления способов совладающего поведения Р. Лазаруса и С. Фолкмана (ССП). Опросник ОСТ, разработанный на основе авторской концепции темперамента, служит для диагностики темпераментальных особенностей человека, состоит из 105 вопросов [5]. Опросник СПП, использующийся для определения способов преодоления трудностей (копинг-стратегий), включает 50 утверждений, каждое из которых отражает определенный способ поведения в трудной или проблем-

ной ситуации. По результатам опросника определяется, насколько часто испытуемый использует ту или иную копинг-стратегию для преодоления сложных и проблемных ситуаций [7]. Эти опросники были выбраны на основе данных о том, что показатели их шкал имеют значимые корреляции с показателями вегетативного реагирования [6].

Полученные данные анализировали с помощью корреляционного анализа, для расчета корреляций использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ), значимыми считали корреляции, для которых  $p < 0,05$ . Различия определяли с помощью парного критерия Вилкоксона ( $W$ ) и Манна—Уитни ( $U$ ), значимыми считали различия, для которых  $p < 0,05$ .

## Результаты и их обсуждение

На основе зафиксированных данных среднеквадратичные отклонения длительности кардиоинтервалов от длительности пульсовой волны (СКО ДКИ-ДПВ) были вычислены по всем испытуемым по каждому из трех основных этапов.

Для выявления возможных связей был проведен корреляционный анализ между значениями СКО ДКИ-ДПВ и значениями по шкалам опросников ОСТ и СПП. В результате были выявлены значимые корреляции между СКО и шкалой «самоконтроль» опросника СПП на первом ( $r=0,405$ ), втором ( $r=0,411$ ) и третьем ( $r=0,359$ ) этапах исследования. Это указывает на то, что расхождение ДКИ и ДПВ связано со склонностью испытуемых к целенаправленному поведению, которое состоит в подавлении активности, сдерживании своих эмоций и в стремлении к самообладанию.

Для выявления связи между вариабельностью значений СКО ДКИ-ДПВ и выраженностью склонности к использованию произвольных регуляторных процессов, определяемой по шкале «самоконтроль», всех испытуемых разделили на две группы. В первую группу вошли 15 испытуемых

**Таблица.** Значения среднеквадратичных отклонений разности длительности кардиоинтервалов и длительности пульсовой волны (мс) в отведении «ухо» и их стандартных отклонений для двух групп испытуемых с разной выраженностью по шкале «самоконтроль» для разных этапов исследования

**Table.** Root mean square values of the difference between cardio-interval and pulse wave durations (ms) from the earlobe sensor and their standard deviations for two subject groups with different self-regulation levels at different study stages

Номер этапа	Высокий уровень самоконтроля	Низкий уровень самоконтроля
1	30,3±31,2	14,3±12,6
2	22,6±18,0	16,7±15,8
3	19,0±16,3	16,2±16,6

с высокой выраженностью склонностей к целенаправленной саморегуляции (13–18 баллов), во вторую — 19 испытуемых с низкой выраженностью данного свойства (5–12 баллов).

Из таблицы видно, что СКО ДКИ-ДПВ на ушном датчике на всех этапах в первой группе выше, чем во второй. Это говорит о том, что люди с высоким уровнем сознательного контроля отличаются от испытуемых с низким уровнем самоконтроля большими значениями рассогласования ДКИ-ДПВ.

Группы также отличаются особенностями динамики СКО в зависимости от этапа исследования. Для испытуемых первой группы характерно постепенное снижение рассогласования в процессе последовательного перехода от одного этапа к другому. Представители второй группы демонстрируют другую картину: у них наблюдается

низкий уровень СКО на начальном этапе, его дальнейшее увеличение в период напряжения и незначительное снижение при переходе к спокойному состоянию. Это позволяет предположить, что психофизиологические особенности, связанные со способностью к произвольной регуляции, увеличивают степень рассогласования ДКИ-ДПВ.

### Выводы

Показано, что при высоком уровне самоконтроля увеличивается среднеквадратичное отклонение длительности кардиоинтервала от длительности пульсовой волны. На этом принципе представляется возможным осуществлять непрерывный анализ уровня самоконтроля операторов сложных технических комплексов как в процессе обучения, так и в процессе управления сложным техническим комплексом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Каркищенко Н.Н., Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., Николаев А.А., Варганов А.А. Дискриминантный анализ показателей согласованной работы сердца и сосудов в норме и при патологиях сосудов. *Биомедицина*. 2021;17(2):8–21. [Karkischenko N.N., Chajvanov D.B., Chudina Yu.A., Nikolaev A.A., Vartanov A.A. Diskriminantny'j analiz pokazatelej soglasovannoj raboty serdca i sosudov v norme i pri patologiyax sosudov [Discriminant analysis of indicators of coordinated heart and vascular function in normal conditions and in vascular pathologies]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2021;17(2):8–21. (In Russian)].
- Ковальчук М.В., Каркищенко Н.Н., Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., Николаев А.А., Варганов А.А. Электрооптический метод диагностики нарушенного кровоснабжения головного мозга человека. *Биомедицина*. 2022;18(1):8–21. [Koval'chuk M.V., Karkischenko N.N., Chajvanov D.B., Chudina Yu.A., Nikolaev A.A., Vartanov A.A. Elektroopticheskij metod diagnostiki narushenij krovosnabzheniya golovnogo mozga cheloveka [Electro-optical method for diagnosing disorders of blood supply to the human brain]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2022;18(1):8–21. (In Russian)].
- Николаев А.А., Каркищенко Н.Н., Чудина Ю.А., Чайванов Д.Б., Варганов А.А. Электрооптический метод дифференциальной диагностики патологий кровоснабжения головного мозга. *Биомедицина*. 2021;17(3):68–73. [Nikolaev A.A., Karkischenko N.N., Chudina Yu.A., Chajvanov D.B., Vartanov A.A. Elektroopticheskij metod differencial'noj diagnostiki patologij krovosnabzheniya golovnogo mozga [Electro-optical method for differential diagnosis

- of brain blood supply pathologies]. *Biomedicina [Journal Biomed]*. 2021;17(3):68–73. (In Russian)].
4. Русалов В.М. *Опросник структуры темперамента*. М.: Наука, 1990:60. [Rusalov V.M. *Oprosnik struktury temperamenta [The temperament structure questionnaire]*. Moscow: Nauka Publ., 1990:60. (In Russian)].
  5. Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., Николаев А.А., Варганов А.А. Динамика показателей согласованной работы сердца и сосудов в условиях стресса. *Вестник психофизиологии*. 2021;2:83–92. [Chajvanov D.B., Chudina Yu.A., Nikolaev A.A., Vartanov A.A. Dinamika pokazatelej soglasovannoj raboty serdtsa i sosudov v usloviyah stressa [Dynamics of indicators of coordinated heart and vascular function under stress]. *Vestnik psihofiziologii [Bulletin of Psychophysiology]*. 2021;2:83–92. (In Russian)].
  6. Усенко А.Б., Кузьмина К.А. Вегетативный баланс как природная предпосылка процессов психической саморегуляции. *Психологические исследования: электрон. науч. журн.* 2011;3(17). [Usenko A.B., Kuz'mina K.A. Vegetativnyj balans kak prirodnyaya predposylka processov psihicheskoj samoreguljacji [Vegetative balance as a natural prerequisite for the processes of mental self-regulation]. *Psihologicheskie issledovaniya: elektron. nauch. zhurn. [Psychological Research: Electronic Scientific Journal]*. 2011;3(17). (In Russian)].
  7. Lazarus R.S., Folkman S. *Stress, appraisal, and coping*. New York: Springer, 1984:445.

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

---

**Каркищенко Николай Николаевич**, д.м.н., проф., акад. РАН, чл.-корр. РАН, ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России»;

**e-mail:** [niknik2808@yandex.ru](mailto:niknik2808@yandex.ru)

**Nikolay N. Karkischenko**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Acad. of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences, Corr. Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Center of Biomedical Technologies of the Federal Medical and Biological Agency of Russia;

**e-mail:** [niknik2808@yandex.ru](mailto:niknik2808@yandex.ru)

**Чайванов Дмитрий Борисович\***, к.ф.-м.н., ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;

**e-mail:** [Chayvanov\\_DB@nrcki.ru](mailto:Chayvanov_DB@nrcki.ru)

**Dmitry B. Chaivanov\***, Cand. Sci. (Phys.-Math.), National Research Centre “Kurchatov Institute”;

**e-mail:** [Chayvanov\\_DB@nrcki.ru](mailto:Chayvanov_DB@nrcki.ru)

**Чудина Юлия Александровна**, к.психол.н., ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;

**e-mail:** [Chudina\\_YA@nrcki.ru](mailto:Chudina_YA@nrcki.ru)

**Yulia A. Chudina**, Cand. Sci. (Psych.), National Research Centre “Kurchatov Institute”;

**e-mail:** [Chudina\\_YA@nrcki.ru](mailto:Chudina_YA@nrcki.ru)

**Клосс Юрий Юрьевич**, д.ф.-м.н., ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»;

**e-mail:** [kloss.yu@gmail.com](mailto:kloss.yu@gmail.com)

**Yury Yu. Kloss**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), National Research Centre “Kurchatov Institute”;

**e-mail:** [kloss.yu@gmail.com](mailto:kloss.yu@gmail.com)

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author