

НАЗЕМНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, СТАРТОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

УДК 681.518.3

DOI: 10.34759/vst-2019-4-174-183

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Волков С.С.

*Военная академия Ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого,
ул. Карбышева, 8, Балашиха, Московская область, 143900, Россия
e-mail: blockfm@yandex.ru*

Статья поступила в редакцию 31.10.2019

Рассматривается методика оценки психофизиологического состояния (ПФС) летного экипажа, космонавтов, летчиков-испытателей и других специалистов, эксплуатирующих летательные аппараты, во время выполнения специальных обязанностей, связанных с принятием решений. Предлагается к рассмотрению подход с применением метода газоразрядной визуализации (ГРВ) в совокупности с системой нечеткой логики для мониторинга психофизиологического состояния. Показаны перспективы методики применения автоматизированной системы оценки ПФС.

Ключевые слова: процессы автоматизации, автоматизированная система управления, метод ГРВ, нечеткая логика.

С разработкой и поступлением на вооружение воздушно-космических сил России самолетов и вертолетов пятого поколения значительно повысились требования к психофизиологическому состоянию летного состава. Успешное освоение в полном объеме возможностей новой авиационной техники при обеспечении необходимого уровня безопасности полетов и сохранении профессионального здоровья летного состава может быть достигнуто только при условии всестороннего учета человеческого фактора, т.е. психофизиологических возможностей летчика во всех компонентах авиационной системы и, прежде всего, при разработке перспективных воздушных судов [19].

По утверждениям психологов [12, 13, 17], раскрытие способностей человека стимулируется в том числе и через его потребности. Разработано большое количество моделей [5–7], описывающих потребности людей. Особенно важным и интересным является мониторинг состояния человека при выполнении им своих функциональных обязанностей в условиях больших психоэмоциональных нагрузок, обусловленных высокой ответственностью за принятые решения, напряженностью работы, нарушением режима труда и отдыха и др. [11].

Выполняемая в таких условиях работа оператора ЛА вызывает нарушение адаптации. Глубина, длительность и обратимость такого нарушения во

многим определяется конституционными характеристиками человека (совокупностью определенных физических данных, духовных и душевных проблем) и влияет на длительность и качество его профессиональной деятельности [16, 20, 21].

Существуют современные методики и автоматизированные системы контроля работы летательных и космических аппаратов, качества их комплектов [8–10], однако контролю за основным элементом управления, человеком, уделяется недостаточно внимания.

Способность выполнять специальные обязанности, безусловно, можно и нужно контролировать. Мониторинг психофизиологического состояния операторов систем специального назначения (ССН) позволяет повысить эффективность принимаемых ими решений и готовность выполнить поставленные задачи.

В связи с этим назрела необходимость контроля операторов ССН на этапе их подготовки к полетам и испытаниям, а также во время выполнения специальных обязанностей с использованием средств автоматизации, достоверно оценивающих способность операторов решать поставленные задачи.

Однако такой контроль невозможен, если нет методического аппарата и средств оценки способности операторов ССН выполнять свое функциональное предназначение.

Существующие методики оценки подготовленности военнослужащих основаны на результатах оценок, даваемых вышестоящими должностными лицами своим подчиненным [14, 15, 17]. Очевидно, что эти оценки не отражают объективные психофизиологические качества оцениваемых операторов ССН.

В психологии существуют методики оценки психофизиологических качеств человека [1–4, 18], чаще всего они применяются для определения личностных качеств. Кроме того, оценка индивидуальных качественных характеристик должностных лиц не является самоцелью — для начальника важно иметь уверенность, что подчиненные должностные лица способны решать конкретные функциональные задачи. Поэтому упомянутые методики, хотя и связаны с профессиональной деятельностью летчиков, космонавтов и других представителей аэрокосмического комплекса, но не подходят для определения ПФС операторов ССН.

Представляется актуальной разработка методики оценки способности оператора к выполнению специальных обязанностей на основе организации систематического контроля ПФС в процессе подготовки к выполнению полетов и испытаний, а

также во время выполнения специальных обязанностей с использованием интеллектуальной системы оценки, работа которой базируется на системе поддержки принятия решений с нечеткой логикой. Предлагаемый подход должен лечь в основу мониторинга ПФС оператора ССН для оценки способности выполнять поставленную задачу в любых условиях.

Система поддержки принятия решений (СППР) по оценке состояния оператора должна обеспечивать мониторинг и оценку психофизиологического состояния. Заключение, которые формируются в процессе обработки данных и передаются лицу, принимающему решения, должны быть ясными и понятными. Заключение представляются в виде рекомендаций.

Разработанный программно-аппаратный комплекс (ПАК) не требует специальных знаний. ПАК предназначен для экспресс-диагностики ПФС оператора в режиме реального времени. При необходимости по результатам экспресс-обследования оператор проходит дополнительное обследование у психолога, а начальник получает информацию о ПФС оператора и рекомендации по корректировке его нагрузок и состояния.

СППР должна решать две основные задачи:

1) формализованный анализ результатов диагностических методик с представлением общего заключения о текущем психофизиологическом состоянии оператора;

2) мониторинг состояния оператора с системой поддержки принятия решения о прогнозе готовности оператора совершать вылеты, управлять летательным аппаратом и принимать решения.

Представленный подход к анализу данных был реализован с использованием алгоритма, представленного на рис. 1.

В начале работы программного обеспечения проводится регистрация нового обследуемого или загрузка «индивидуальной карточки оператора» из базы данных (при повторных исследованиях). Проводится измерение на ГРВ-камере. Полученные данные регистрируются, обрабатываются и анализируются. В результате измерения получаем необходимые параметры для определения ПФС: интегральную площадь (IS), интегральную энтропию (E) и коэффициент активации (КА), затем разработанная СППР формирует заключение и рекомендации по состоянию оператора и его готовности к выполнению специальных обязанностей.

Алгоритм проведения обследований по оценке ПФС оператора, представленный на рис. 2, реализован в виде программного обеспечения, разработанного в программной среде Matlab.

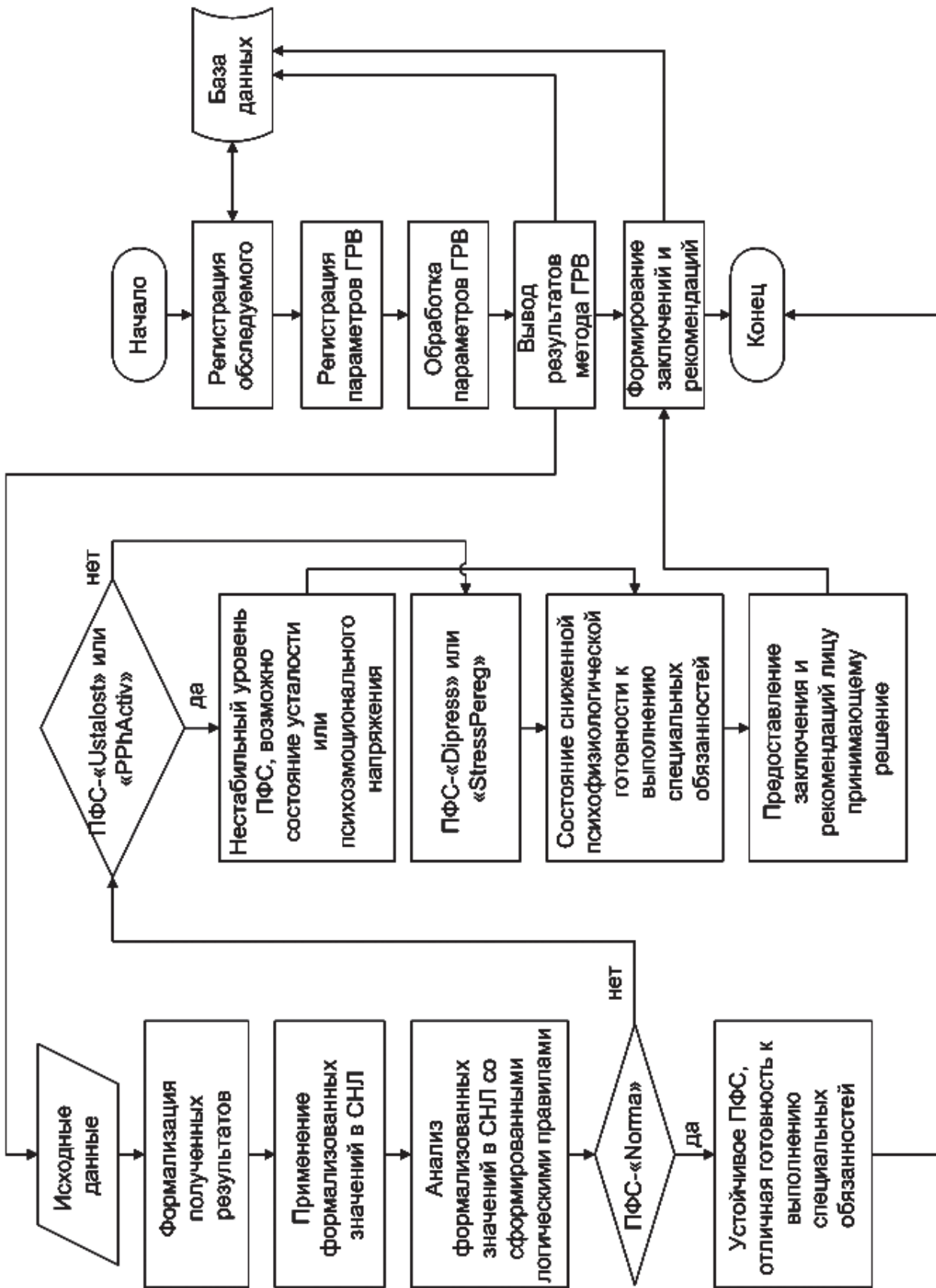


Рис. 1. Алгоритм работы системы поддержки принятия решений с нечеткой логикой

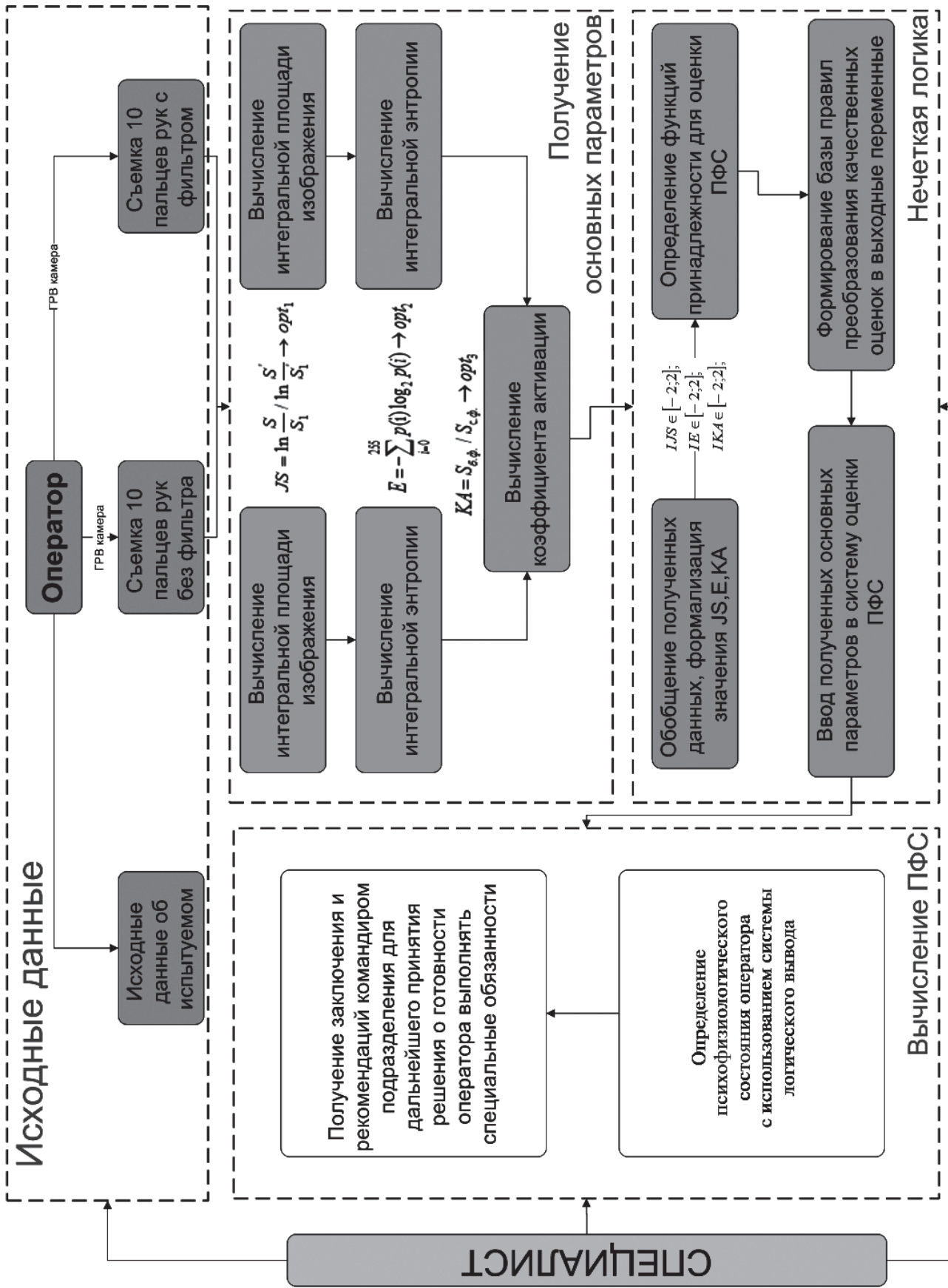


Рис. 2. Методика работы автоматизированной системы оповещения

Для более точной оценки состояния и создания целостного образа системы необходимо использовать в СППР нечеткую логику, так как диапазон применения таких систем на практике широк — от промышленных систем управления до систем постановки диагноза и безопасности компьютерных систем. В отличие от простых электронных систем управления применение систем нечеткой логики (СНЛ) наиболее эффективно в сложных, трудно формализуемых и плохо структурированных процессах, которые могут управляться квалифицированными операторами без использования специфических знаний, лежащих в основе динамики функционирования этих процессов.

В СНЛ формируются функции принадлежности и база правил, которые в совокупности выдают логические выводы о состоянии ПФС оператора. Для этого проводится формализация параметров, полученных в результате обработки снимков ГРВ-камеры.

Интерпретация формализованных результатов по значению параметров приводится в таблице.

Формализация проходит следующим образом:

Интегральная площадь:

$$\text{if } A_1 \leq JS < -(A_2 + \Delta a_1), \text{ then } IJS = -2$$

$$\text{if } -(A_2 + \Delta a_1) \leq JS < -A_2, \text{ then } IJS = -1$$

$$\text{if } -A_2 \leq JS < A_3, \text{ then } IJS = 0$$

$$\text{if } A_3 \leq JS < A_3 + \Delta a_2, \text{ then } IJS = 1$$

$$\text{if } A_3 + \Delta a_2 \leq JS \leq A_4, \text{ then } IJS = 2$$

Интегральная энтропия:

$$\text{if } B_1 \leq E < B_2 - \Delta b_2, \text{ then } IE = -2$$

$$\text{if } B_2 - \Delta b_2 \leq E < B_2, \text{ then } IE = -1$$

$$\text{if } B_2 \leq E < B_3, \text{ then } IE = 0$$

$$\text{if } B_3 \leq E < B_3 + \Delta b_1, \text{ then } IE = 1$$

$$\text{if } B_3 + \Delta b_1 \leq E \leq B_4, \text{ then } IE = 2$$

Коэффициент активации:

$$\text{if } C_1 \leq KA < C_2 - \Delta c_2, \text{ then } IKA = -2$$

$$\text{if } C_2 - \Delta c_2 \leq KA < C_2, \text{ then } IKA = -1$$

$$\text{if } C_2 \leq KA < C_3, \text{ then } IKA = 0$$

$$\text{if } C_3 \leq KA < C_3 + \Delta c_1, \text{ then } IKA = 1$$

$$\text{if } C_3 + \Delta c_1 \leq KA \leq C_4, \text{ then } IKA = 2$$

Представленный алгоритм позволяет реализовать методику работы автоматизированной системы оповещения (АСО) психофизиологического состояния операторов ССН, в режиме реального времени проводить оценку и мониторинг их ПФС, рекомендации руководству по корректировке ПФС, не удовлетворяющего требованиям для выполнения специальных обязанностей.

ПФС	Заключение
RPhS = -2	Оператор находится в депрессивном состоянии, вызванном употреблением седативных препаратов или наркотических средств, проблемами в личной и семейной жизни. Выполнение служебных обязанностей не целесообразно
RPhS = -1	Состояние оператора характеризуется усталостью, которая может быть вызвана слишком плотным задействованием на службе, незначительными проблемами в личной и семейной жизни. Выполнение служебных обязанностей возможно, рекомендуется общение со специалистами
RPhS = 0	Состояние оператора нормальное и стабильное. Выполнение служебных обязанностей возможно
RPhS = 1	Оператор находится в состоянии психофизиологической активности, что может быть вызвано незначительными внутренними переживаниями, связанными с проблемами на службе, неудачами в личных делах или употреблением медицинских препаратов. Выполнение служебных обязанностей возможно. Рекомендуется обращение к специалистам нужного профиля
RPhS = 2	Оператор находится в состоянии стресса и психической перегрузки, что может быть следствием употребления наркотических средств, большого количества проблем. Выполнение служебных обязанностей невозможно

Методика работы АСО представлена на рис. 2. Специалист проводит съемку пальцев рук оператора и загружает их в программу для получения вышеописанных параметров, которые впоследствии применяются в разработанном программном обеспечении с СНЛ. Реализация проводится с применением алгоритма Мамдани для получения логических выводов о ПФС летных экипажей и космонавтов.

Для этого проводится анализ, на основании которого на множестве возможных количественных значений x_{ij} критериев K_j строится система качественных оценок данных значений, т.е. значений y_{ij} лингвистической переменной (критерия) K_j из заданного терм-множества $T(K_j)$ всех возможных качественных оценок. Тем самым задается функция принадлежности $\mu_A(y)$ количественной оценки к её качественной интерпретации. (На рис. 3 представлены функции принадлежности для критериев эффективности оценки ПФС операторов.)

Затем формируется база правил преобразования качественных оценок y_{ij} критериев K_j в выходную переменную z_p , которая характеризует качество оцениваемой альтернативы. Общий вид правил: если $V(A)$ (K_j есть y_{ij}), то Z_p есть z_k . Используя систему логического вывода, можно по входным количественным переменным получить оценку ПФС оператора.

Пример выполнения j -го логического правила — оценка психофизиологического состояния «Усталость» (рис. 4).

Таким образом, сформированные правила для реализации системы управления нечеткой логикой позволяют получать качественные оценки ПФС оператора и применять СНЛ в автоматизированной системе оценки ПФС на базе системы поддержки принятия решений.

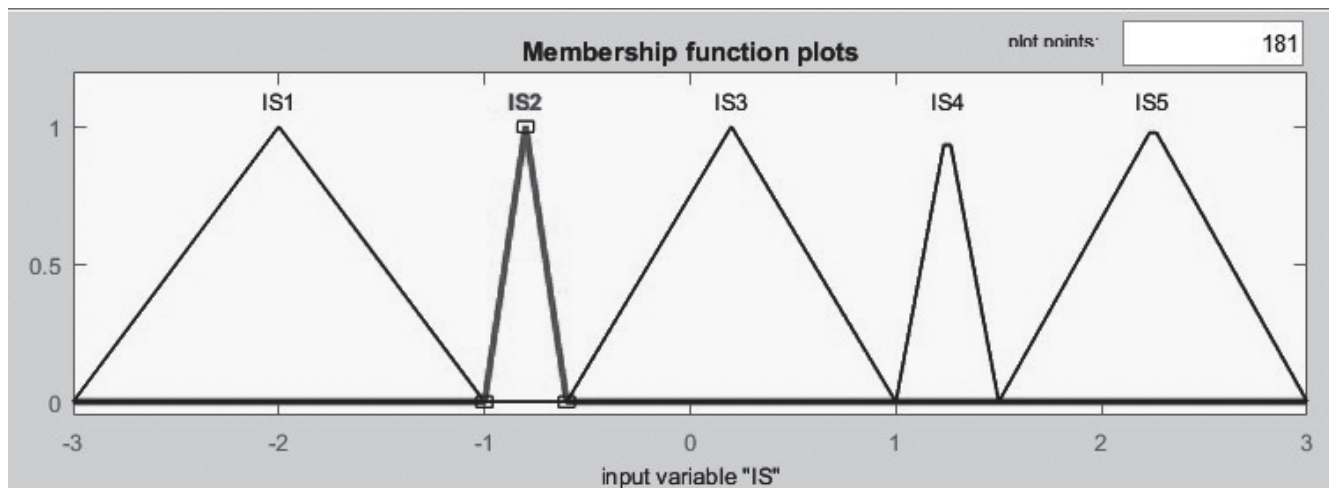
Выводы

Предложенная методика оценки психофизиологического состояния операторов позволит увеличить эффективность эксплуатации летательных аппаратов и наземных комплексов, оптимизировать процесс управления специалистами аэрокосмического комплекса, обеспечить их безопасность и безопасность людей, находящихся в данном контуре управления.

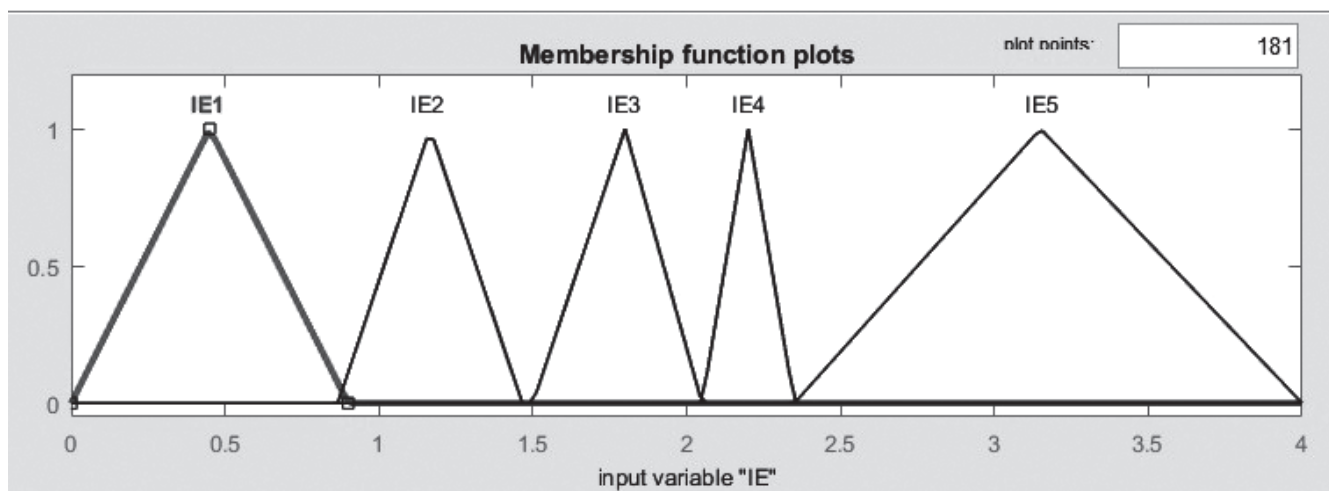
Библиографический список

1. *Houston M.C., Ogawa G.* Observations on the Theoretical Basis of Cost-Effectiveness // *Operations Research*. 1966. Vol. 14, No. 2, pp. 242-266. URL: https://www.jstor.org/stable/168253?seq=1#page_scan_tab_contents
2. *Lindblom C.Y.* The Science of «Muddling Through» // *Public Administration Review*. 1959. Vol. 19. No. 2, pp. 79-88. URL: <http://www.jstor.org/stable/973677>
3. *Maslow A.H.* Motivation and personality. — New York: Harper and Row, 1970. — 369 p.
4. *Акоффа Р.Л.* Планирование будущего корпораций / Пер. с англ.; Общ. ред. В.И. Данилова-Данильяна. — М.: Прогресс, 1985. — 327 с.
5. *Алексеев А.Ю., Сергиенко С.В.* и др. Один из подходов к комплексной оценке качества специалиста // Информатизация систем безопасности ИСБ-93: Сб. трудов второй международной конференции. М.: ВИПТШ МВД РФ, 1993. С. 45-51.
6. *Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики. — М.: Наука, 1983. — 416 с.
7. *Вагнер Г.* Основы исследования операций: В 3-х т.; Пер. с англ. — М.: Мир, 1972-1973.
8. *Донсков А.В.* Анализ современных методов оценки и моделирования рисков возникновения нештатных ситуаций на борту космического аппарата // *Вестник Московского авиационного института*. 2018. Т. 25. № 4. С. 163-169.
9. *Иед К.* Разработка методики создания системы предупреждения об опасных ситуациях при возникновении ошибок пилотажа // *Вестник Московского авиационного института*. 2019. Т. 26. № 3. С. 201-209.
10. *Крылов А.А., Москаев В.А.* Методика проведения рентгеноскопического контроля и анализа технического состояния элементов конструкции воздушного судна с сотовым заполнителем // *Вестник Московского авиационного института*. 2019. Т. 26. № 2. С. 139-146.
11. *Кулемзина Т.В.* Комплементарная медицина в сопровождении специалистов операторского профиля // *Материалы II межотраслевой научно-практической конференции (8 декабря 2016, Одинцово Московской области)*. Королёв: ПСТМ, 2018. С. 96-103.
12. *Мануйлов Г.М., Новиков В.В.* Психологическое управление в кризисном обществе. — СПб.: Алетей, 1999. — 345 с.
13. *Медведев В.С., Потемкин В.Г.* Нейронные сети МАТЛАВ 6 / Под общ. ред. В.Г. Потемкина. — М.: Диалог-МИФИ, 2002. — 496 с.
14. Методика определения экономической эффективности автоматизированных систем управления предприятиями и производственными объединениями. — М.: Статистика, 1976. — 48 с.
15. *Крутов В.И., Попов В.В.* Основы научных исследований. — М.: Высшая школа, 1989. — 400 с.
16. *Осухова Н.Г.* Психологическая помощь в трудных и экстремальных ситуациях. — М.: Академия, 2005. — 288 с.
17. *Пономарев Ю.П.* Игровые модели: Математические методы, психологический анализ. — М.: Наука, 1991. — 154 с.
18. *Насташевская О.С.* Психологические аспекты технологии подбора персонала для торговой органи-

Интегральная площадь:



Интегральная энтропия:



Коэффициент активации:

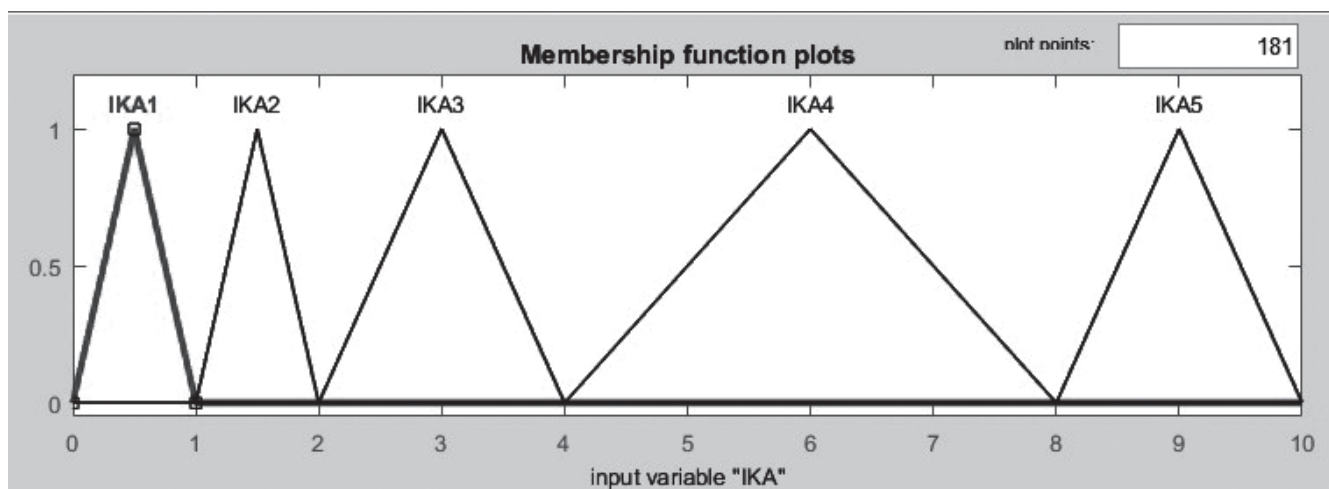


Рис. 3. Функции принадлежности критериев *IS*, *IE*, *IKA*

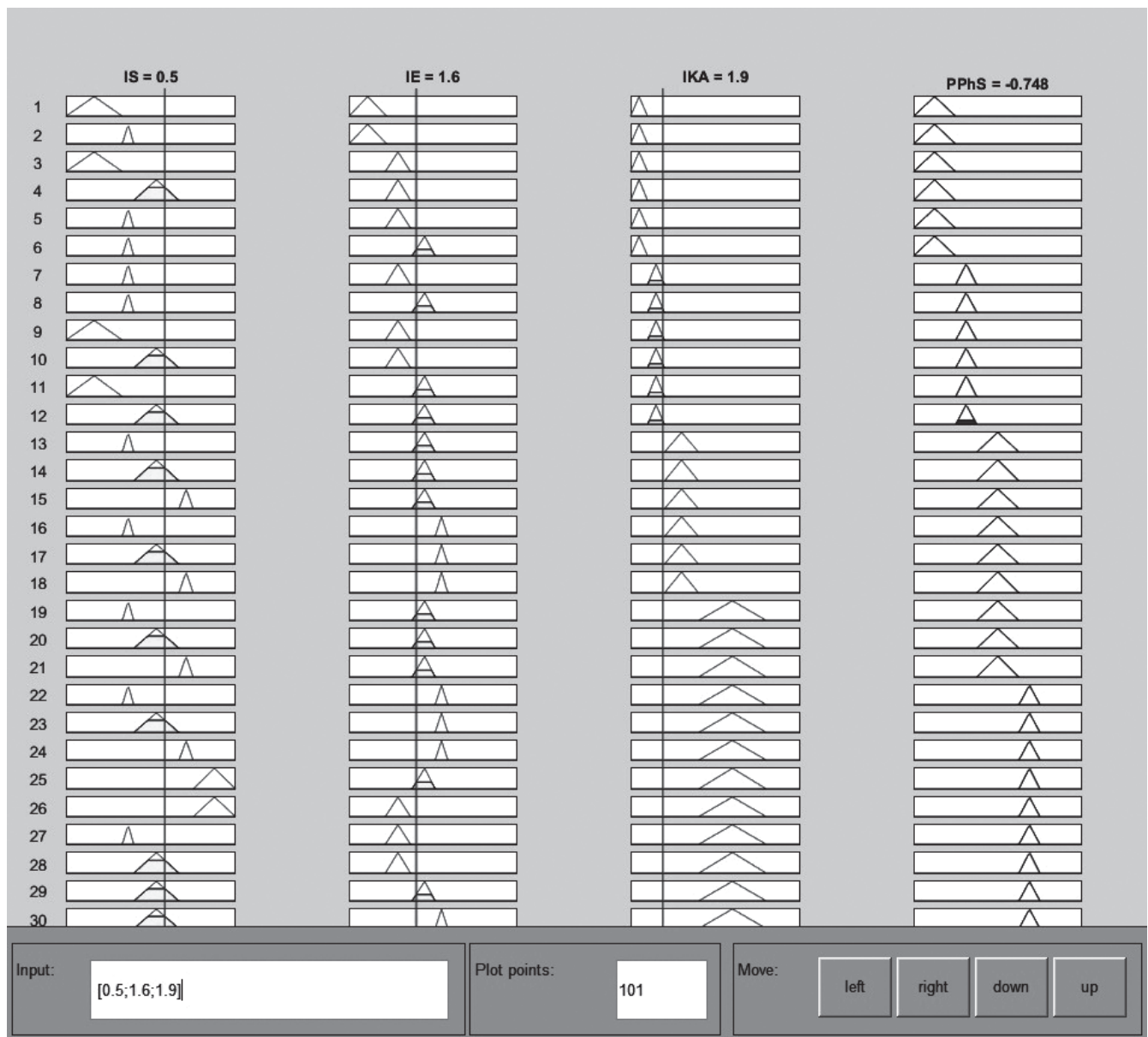


Рис. 4. Выполнение j -го логического правила

- зации // Вестник Самарской гуманитарной академии. Сер. «Психология». 2015. № 1(17). С. 11-29.
19. Рыженков С.П., Филатов В.Н., Клишин Г.Ю., Житников А.Г., Лукаш А.А. Эргономические и медико-психологические проблемы повышения эффективности боевого применения и безопасности полетов современных авиационных комплексов // Материалы II межотраслевой научно-практической конференции (8 декабря 2016, Одинцово Московской области). Королёв: ПСТМ, 2018. С. 76-78.
 20. Судаков К.В. Социальные и биологические аспекты психоэмоционального стресса: пути защиты от его нежелательных последствий // Вестник Международной Академии наук (Русская секция). 2006. № 1. С. 8-14.
 21. Шойгу Ю.С., Филиппова М.В. Этические аспекты экстренной психологической помощи представителям разных культур // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 2015. № 3. С. 108-116.

ASSESSMENT TECHNIQUES FOR PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF SPECIAL PURPOSE SYSTEMS OPERATORS

Volkov S.S.

*Military Academy of Strategic Rocket Troops named after Peter the Great,
SRTMA, 8, Karbysheva str., Balashikha, Moscow region, 143900, Russia
e-mail: blockfm@yandex.ru*

Abstract

The article deals with assessing techniques for psychophysiological state (PPhS) of a flight crew, cosmonauts, test pilots and other representatives of the aerospace industry. An approach, involving gas discharge visualization method in conjunction with fuzzy logic system for psychophysiological state monitoring is being offered for consideration. Prospectives of automation system for psychophysiological state assessment techniques implementation in the interests of aerospace complexes are demonstrated.

The purpose of the work consists in demonstrating the increase of the PPhS assessment quality of special purpose systems operators of the aerospace industry. Special purpose systems operators are both civil and military aviation flight crew, cosmonauts, test pilots, and specialists dealing with robotic systems.

This work novelty lies in the intelligent tools application for operators' PPhS determining. The interest to this method application is caused by the fact that human ability to perform professional duties is characterized by his psychophysiological state. Psychophysiological state monitoring of operators of special purpose systems (SPS) of aerospace industry allows increasing efficiency of their decisions and raise their readiness to perform special duties. Eventually, the ability to perform special duties unconditionally may and must be controlled and monitored to enhance readiness to perform the assigned task during the periods of flying vehicles flights and testing.

In this respect, the necessity for performing control of SPS operators of aerospace industry at the stage of their preparation for flights and tests performing, as well as during special assignments performing with automation tools application is imminent. It would allow assess with certain fidelity their readiness to perform the assigned tasks during flights and tests, and point out to particular official the necessity to pay attention to this or that pilot, cosmonaut or technician. However, such control implementation is not possible without methodological tools and means for assessing

flight crews, cosmonauts and other aerospace industry representatives fitness for their functional assignment.

As the result of the studies, an algorithm of the decision-making support system with fuzzy logic system for automated assessment system of PPhS operators was developed. The fuzzy logic system operation is based on the Mamdani algorithm.

The PPhS assessment techniques implementation, described in the article, in the aerospace industry will allow monitoring the health of the flight crew, cosmonauts, test pilots and operators of robotic systems, as well as reducing the risk of injury and mortality factor while equipment operation.

Keywords: automation processes, automated control system, gas-discharge visualization method, fuzzy logic.

References

1. Houston M.C., Ogawa G. Observations on the Theoretical Basis of Cost-Effectiveness. *Operations Research*, 1966, vol. 14, no. 2, pp. 242-266. URL: https://www.jstor.org/stable/168253?seq=1#page_scan_tab_contents
2. Lindblom C.Y. The Science of "Muddling Through". *Public Administration Review*, 1959, vol. 19, no. 2, pp. 79-88. URL: <http://www.jstor.org/stable/973677>
3. Maslow A.H. *Motivation and personality*. New York, Harper and Row, 1970, 369 p.
4. Ackoff R.L. *Creating the Corporate Future. Plan or be Planned for*. John Wiley & Sons, 1981, 312 p.
5. Alekseev A.Yu., Sergienko S.V. et al. *Materialy II Mezhdunarodnoi konferentsii "Informatizatsiya sistem bezopasnosti ISB-93"*, Moscow, VIPTSh MVD RF, 1993, pp. 45-51.
6. Bol'shev L.N., Smirnov N.V. *Tablitsy matematicheskoi statistiki* (Tables of mathematical statistics), Moscow, Nauka, 1983, 416 p.
7. Wagner H.M. *Principles of Operations Research. With Applications to Managerial Decisions*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 1969.
8. Donskov A.V. Analysis of modern evaluation and modeling methods of contingencies occurrence risks onboard a spacecraft. *Aerospace MAI Journal*, 2018, vol. 25, no. 4, pp. 163-169.

9. Ied K. Developing a technique for hazardous situations warning system design while piloting errors occurrence. *Aerospace MAI Journal*, 2019, vol. 26, no. 3, pp. 201-209.
10. Krylov A.A., Moskaev V.A. A technique for fluoroscopic control and analysis of technical condition of aircraft structural elements with honeycomb filler. *Aerospace MAI Journal*, 2019, vol. 26, no. 2, pp. 139-146.
11. Kulemzina T.V. *Materialy II mezhotraslevoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (8 December 2016, Odintsovo Moskovskoi oblasti)*. Korolev, PSTM, 2018, pp. 96-103.
12. Manuilov G.M., Novikov V.V. *Psikhologicheskoe upravlenie v krizisnom obshchestve* (Psychological management in crisis society), St. Petersburg, Aleteiya, 1999, 345 p.
13. Medvedev V.S., Potemkin V.G. *Neironnye seti MATLAB 6* (Neural networks MATLAB 6), Moscow, Dialog-MIFI, 2002, 496 p.
14. *Metodika opredeleniya ekonomicheskoi effektivnosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya predpriyatiyami i proizvodstvennymi ob"edineniyami* (Economic efficiency determining techniques for automated management systems of enterprises and production associations), Moscow, Statistika, 1976, 48 p.
15. Krutov V.I., Popov V.V. *Osnovy nauchnykh issledovaniy* (Scientific research basics), Moscow, Vysshaya shkola, 1989, 400 p.
16. Osukhova N.G. *Psikhologicheskaya pomoshch' v trudnykh i ekstremal'nykh situatsiyakh* (Psychological aid in tight and extreme situations), Moscow, Akademiya, 2005, 288 p.
17. Ponomarev Yu.P. *Igrovye modeli. Matematicheskie metody psikhologicheskii analiz* (Game models. Mathematical methods for psychological analysis), Moscow, Nauka, 1991, 154 p.
18. Nastashevskaya O.S. *Vestnik Samarskoi gumanitarnoi akademii. Seriya "Psikhologiya"*, 2015, no. 1(17), pp. 11-29.
19. Ryzhenkov S.P., Filatov V.N., Klishin G.Yu., Zhitnikov A.G., Lukash A.A. *Materialy II Mezhotraslevoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (8 December 2016, Odintsovo Moskovskoi oblasti)*. Korolev, PSTM, 2018, pp. 76-78.
20. Sudakov K.V. *Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii nauk (Russkaya sektsiya)*, 2006, no. 1, pp. 8-14.
21. Shoigu Yu.S., Filippova M.V. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psikhologiya*, 2015, no. 3, pp. 108-116.