

УДК 658.562.3:33:311

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В СИСТЕМАХ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА» НА ОСНОВАНИИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ

Пильник Н.Б., Куликова О.М.

ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия,
Омск, e-mail: aaaa11@rambler.ru

В статье приведен авторский алгоритм управления качеством в системах «человек – машина», базирующийся на условии, что функциональное состояние оператора влияет на точность его работы, безопасность и быстроту эксплуатации эксплуатируемых технических устройств. Данный алгоритм построен на оценке функционального состояния оператора. Используется классификация функциональных состояний, разработанная В.А. Машиним. Допустимыми состояниями оператора считаются функциональные состояния «Норма» и «Норма с преобладанием вагуса». Авторский алгоритм содержит следующие этапы: входной анализ условий труда оператора технического устройства, определение класса условий труда оператора по условию напряженности его деятельности, разработка плана мониторинга и контроля функционального состояния оператора, разработка мероприятий по улучшению функционального состояния операторов и профилактике у них профессиональных заболеваний, оценка функционального состояния оператора на основании показателей вариабельности сердечного ритма, реализация профилактических и корректирующих мероприятий по улучшению параметров деятельности оператора через улучшение его психического и физического состояния. Применение данного алгоритма позволит повысить качество в системах «человек – машина».

Ключевые слова: система «человек – машина», управление качеством, функциональные состояния, вариабельность сердечного ритма

THE ALGORITHM OF QUALITY MANAGEMENT IN THE SYSTEMS «MAN – MACHINE» BASED ON AN ASSESSMENT OF FUNCTIONAL STATE OF OPERATORS

Pilnik N.B., Kulikova O.M.

Siberian State Automobile and Highway Academy, Omsk, e-mail: aaaa11@rambler.ru

The article presents the author's algorithm of quality management in the systems «man-machine», based on the condition that the functional status of an operator affects its accuracy, safety and performance of the used technical devices. This algorithm is based on the assessment of the functional state of the operator. Using the classification of functional status developed by V.A. Masha. A valid state operator's functional state is considered «the Norm» and «Norm, with a predominance of the vagus nerve». The authors algorithm includes the following phases: input analysis of the working conditions of the operator of the technical device, the class definition of the working conditions of the operator on the condition of tension of its activities, development of a plan for the monitoring and control of the functional state of the operator, the development of measures to improve the functional state of operators and prevention of professional diseases evaluation of the functional state of the operator on the basis of indicators of heart rate variability, implementation of preventive and corrective measures for improvement of parameters of activity of the operator through the improvement of his mental and physical condition. The application of this algorithm will improve the quality in the systems «man-machine».

Keywords: the system «man-machine», quality management, functional status, heart rate variability

В настоящее время становятся актуальными вопросы повышения эффективности эксплуатации технических систем в условиях роста инновативности производственных процессов и увеличения числа подрывных инноваций, ведущих к сокращению периодов экономических циклов, росту точек экономических бифуркаций [2, 5]. Это способствует, с одной стороны, упрощению управления техническими системами путем создания автоматизированных систем управления с применением различных интеллектуальных методов, но с другой стороны, повышению требования к операторам данных устройств, поскольку возрастает чувствительность технических систем к человеческому фактору и ошибкам оператора.

Возникает необходимость разработки современных методов повышения эффективности и точности выполнения функций оператором технического устройства. Как показывают современные исследования, на эффективность и качество в системах «человек – машина» влияет функциональное состояние их операторов [1, 6, 9]. Операторы, находящиеся в состоянии стресса, эмоционального утомления, недостаточно эффективно управляют техническими устройствами, то есть снижается скорость и быстрота их реакции, оперативность и качество разрабатываемых управленческих решений, что отрицательно сказывается на управляемых ими технических устройствах [1, 3, 6, 7, 9].

Все вышесказанное определило цель исследования.

Цель исследования – разработать алгоритм управления качеством в системах «человек – машина» на основе оценки функционального состояния операторов технических устройств.

Материалы и методы исследования

Для разработки алгоритма управления качеством в системах «человек – машина» использованы методы оценки качества в данных системах, теория систем и системный анализ, теория хаоса, методы инженерной психологии и педагогики.

Для оценки условий труда операторов по напряженности трудовой деятельности используется Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [9, 10]. Классы условий труда определяются по 23 показателям, представленным в данном руководстве. По напряженности труда выделяют следующие классы условий труда [9, 10]:

- Оптимальный класс условий (напряженность легкой степени).
- Допустимый класс условий труда (напряженность легкой степени).
- Вредный класс (характеризуется наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное воздействие на организм оператора. Вредные условия труда условно разделяют по степени вредности: вредный класс 3.1, вредный класс 3.2, вредный класс 3.3, вредный класс 3.4).

Функциональное состояние операторов технических устройств оценивается по методике, разработанной В.А. Машинным, в основе которой лежит трехфакторная модель вариальности сердечного ритма [6, 7, 8]. В основе данной модели использованы следующие показатели вариальности сердечного ритма: $SDNN_n$ – среднее квадратическое отклонение $R-R$ интервалов анализируемого временного ряда; b_{1n} – тангенс угла наклона линии регрессии графа (независимая переменная массив RR_n , зависимая RR_{n+1}), M_0 – мода, определяемая по значениям исследуемого временного ряда.

В результате проведенных исследований В.А. Машинным выделено восемь функциональных классов состояний операторов:

- Норма ($SDNN_n$ 5–9, b_{1n} 1–4, M_n 5–9) – для обследуемых, относящихся к данному функциональному классу, характерно состояние покоя, глубокого расслабления, сна при сохранении функциональных резервов.
- Норма с преобладанием симпатической активности ($SDNN_n$ 5–9, b_{1n} 1–4, M_n 1–4) – данный класс характерен для лиц с высоким тонусом активности в состоянии покоя, а также при экономичной регуляции сердечного ритма в процессе психической нагрузки.
- Эмоциональное возбуждение ($SDNN_n$ 5–9, b_{1n} 5–9, M_n 5–9) – данные показатели характерны для эмоционального возбуждения, связанного с ожиданием выполнения ответственного задания, неопределенности предстоящих действий и повышенной вероятностью совершения ошибок.
- Эмоциональное возбуждение с преобладанием симпатической активности ($SDNN_n$ 5–9, b_{1n} 5–9,

M_n 1–4) – данные показатели характерны для функционального состояния индивидов с невротической симптоматикой когда эмоциональное возбуждение сопровождается выраженными психическими переживаниями по поводу конфликтной ситуации. Также данные показатели диагностируются у индивидов в ситуации ожидания ответственного задания.

– Психическое напряжение ($SDNN_n$ 1–4, b_{1n} 5–9, M_n 1–4) – для данного функционального класса наблюдается снижение общего тонуса высшей нервной системы, рост надсегментарных структур и уменьшение влияния вагуса в регуляции сердечного ритма, что характерно при различных уровнях психической нагрузки и концентрации усилий индивида на решении сложных задач.

– Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса ($SDNN_n$ 1–4, b_{1n} 5–9, M_n 5–9) – данное функциональное состояние характерно для психического утомления с астено-невротической симптоматикой и может служить предиктором патологических процессов и вызванных ими ипохондрических мыслей.

– Психическое напряжение с преобладанием активности сегментарных структур ($SDNN_n$ 1–4, b_{1n} 1–4, M_n 1–4) – критическое состояние, может служить предвестником развития сердечно-сосудистых заболеваний.

– Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса и сегментарных структур ($SDNN_n$ 1–4, b_{1n} 1–4, M_n 5–9) – данный функциональный класс характеризуется хроническим утомлением и глубоким снижением функциональных резервов [8].

Состояниями нормы являются первые два функциональных состояния «Норма» и «Норма с преобладанием симпатической активности». Появление остальных состояний у операторов свидетельствует о стрессе, переутомлении, снижении внутренних резервов и может являться предвестником сердечно-сосудистых заболеваний.

Результаты исследования и их обсуждение

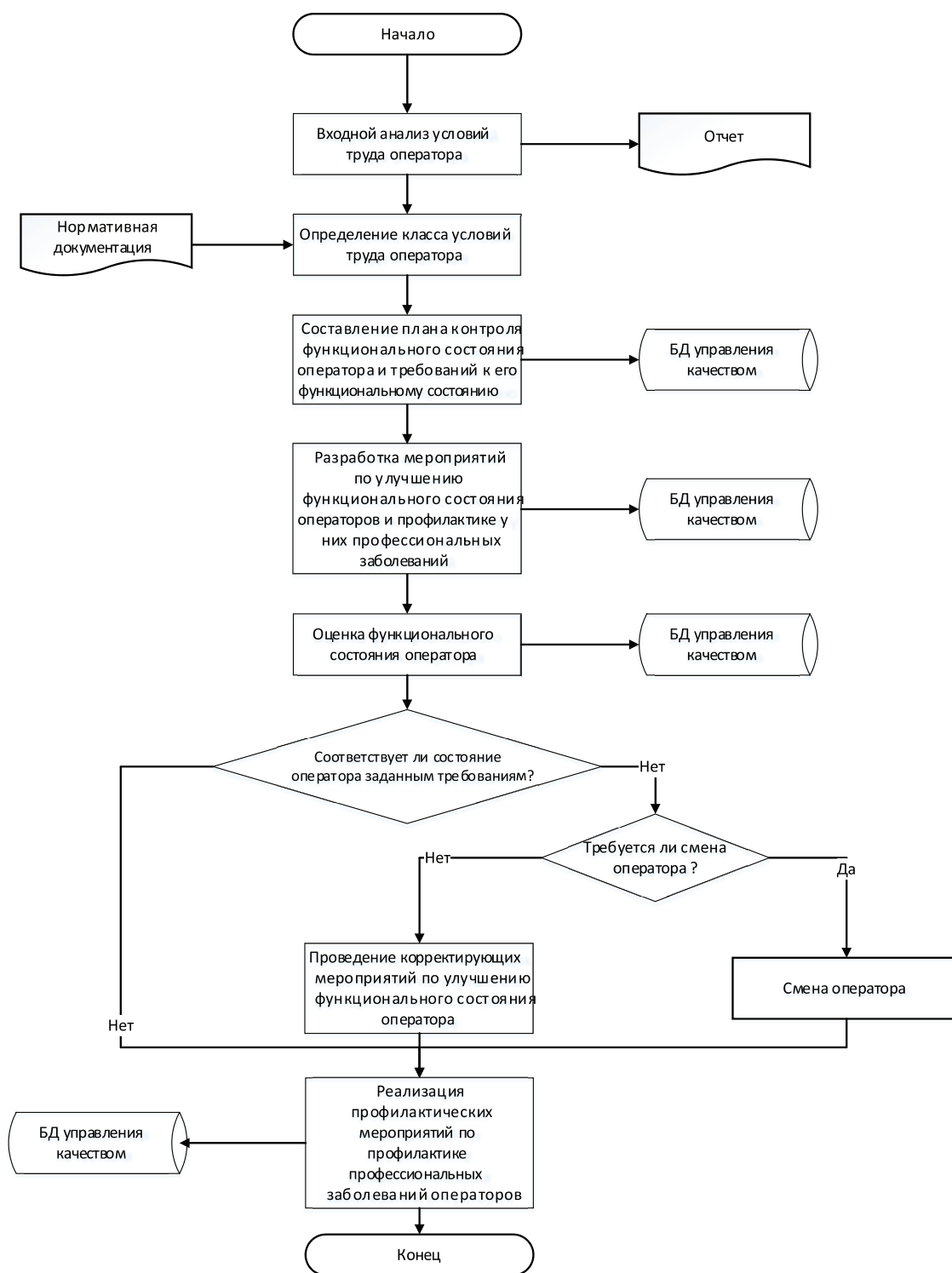
На основании анализа литературных источников и практической деятельности операторов технических устройств разработан алгоритм управления качеством в системах «человек – машина» (рисунок).

Для оценки качества в системах «человек – машина» используются следующие показатели:

- быстроедействие;
- надежность;
- точность работы оператора;
- своевременность решения человеко-машинной системы;
- безопасность;
- степень автоматизации;
- экономические показатели [11].

Разработанный алгоритм базируется на условии, что функциональное состояние оператора влияет на все показатели качества систем «человек – машина», за исключением последних двух показателей.

На первом этапе производится входной анализ условий труда оператора по критерию напряженности его труда (рисунок).



Укрупненная схема управления качеством в системах «человек – машина»

На основании полученных результатов предыдущих этапов алгоритма на этапе «Составление плана контроля функционального состояния оператора и требований к его функциональному состоянию» разрабатывается план контро-

ля функционального состояния оператора в заданные такты времени. Контроль функционального состояния оператора может проводиться до начала исполнения им функциональных обязанностей, во время управления техническим

устройством, после окончания работы с техническим устройством. Запись может проводиться либо в течение заданного промежутка времени, либо во время управления оператором технического устройства, при этом результаты могут в режиме реального времени передаваться на компьютер аналитика или врача.

Оценка функционального состояния операторов по показателям variability сердечного ритма осуществляется по результатам пульсометрии, записанной с учетом плана контроля. Например, оценка функционального состояния оператора не проводится при оптимальных условиях труда; при допустимом классе условий труда и вредном классе 3.1 функциональное состояние оператора оценивается перед началом управления им техническим устройством и после окончания работы с ним, при вредном классе 3.2 и 3.3 мониторинг функционального состояния может осуществляться в постоянном режиме с передачей данных на компьютер исследователя.

На данном этапе определяются критерии допустимых функциональных состояний оператора для управления им техническими устройствами, функциональные состояния, при которых требуется смена оператора технического устройства. В большинстве случаев вариантами нормы являются функциональные состояния «Норма» и «Норма с преобладанием симпатической активности». При функциональных состояниях операторов «Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса», «Психическое напряжение с преобладанием активности сегментарных структур», «Психическое напряжение с преобладанием активности вагуса и сегментарных структур» требуется либо смена оператора, либо неотложное проведение корректирующих мероприятий, направленных на улучшение состояния оператора.

Затем на основании полученных результатов входного анализа и планирования и экспертного анализа деятельности операторов разрабатываются корректирующие и профилактические мероприятия по улучшению функционального состояния операторов и профилактике у них профессиональных заболеваний.

При контроле функционального состояния операторов технических устройств не только решается задача мониторинга их состояния, но определяется, какие корректирующие и профи-

лактические мероприятия необходимо реализовать и в какие такты времени. А также решается задача оценки эффективности реализации планируемых и реализуемых мероприятий по улучшению состояния операторов и, следовательно, повышению качества в системах «человек – машина». Результаты контроля вносятся в базу данных, которые могут быть проанализированы в любой такт времени с применением методов интеллектуального анализа данных.

Заключение

Разработанный алгоритм управления качеством в системах «человек – машина» позволит решать задачу обеспечения эффективности взаимодействия оператора с техническим устройством и, следовательно, эффективности управления и эксплуатации технических устройств. Повышение качества в системах «человек – машина» с применением разработанного авторского алгоритма осуществляется путем повышения эффективности деятельности оператора, которое зависит от его функционального состояния.

Также данный алгоритм может быть использован в управлении сложными техническими и производственными системами, в том числе с применением рефлексивного анализа [4, 5].

Список литературы

1. Аксенов В.А. Модель оценки влияния человека на функционирование человеко-машинных систем // Известия Транссиба. – 2014. – № 1 (17). – С. 116–119.
2. Боуш Г.Д. Агентное моделирование процессов кластерообразования в региональных экономических системах // Экономика региона. – 2016. – Т. 12. – № 1. – С. 64–77.
3. Иляхинский А.В. Информационно-статистический анализ variability сердечного ритма в оценке функционального состояния вегетативной нервной системы человека // Современные технологии в медицине. – 2015. – Т. 7. – № 3. – С. 67–72.
4. Куликова О.М. Агентные модели в рефлексивном анализе // Профессиональное образование в развитии региона и общества: традиции, творчество, технологии: материала Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию ФГБОУ ВПО «ОГИС». Омский государственный институт сервиса; под общ. ред. Д.П. Маевского. – 2012. – С. 50–51.
5. Иванов В.Н. Методика анализа внешней и внутренней среды предприятия для принятия оптимальных управленческих решений. – 2013. – № 1 (11). – С. 252–256.
6. Машин В.А. Психологическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние оператора систем управления // Вопросы психологии. – 2007. – № 6. – С. 86–96.
7. Машин В.А. К вопросу классификации функциональных состояний человека // Экспериментальная психология. – 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 40–57.

8. Машин В.А. Трехфакторная модель варибельности сердечного ритма в психологических исследованиях функциональных состояний человека-оператора (материалы к докторской диссертации, ред. 25.02.2010) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mashinva.narod.ru/> (Дата обращения 15.04.2016).

9. Напряженность труда [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://edu.trudcontrol.ru/~3d/item/vo9dXbtT> (Дата обращения 15.04.2016).

10. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения 15.04.2016).

11. Таранова Е.В. Лекции «человек-машина» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bitu.org.ru/umkd/sites/default/files/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%20.%20%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%20%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%20-%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_5.pdf (дата обращения 15.04.2016).

References

1. Aksenov V.A., Zavjalov A.M. *Izvestija Transiba*, 2014, no 1(17), pp. 116–119.

2. Boush G.D., Kulikova O.M., Shelkov I.K. *Jekonomika regiona*, 2016, vol. 12, no 1, pp. 64–77.

3. Iljahinskij A.V., Pahomov P.A., Anufriev M.A., Levannov V.M., Muhina I.V. *Sovremennye tehnologii v medicine*, 2015, vol. 7, no 3, pp. 67–72.

4. Kulikova O.M. *Materiali Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencij «Professionalnoe obrazovanie v razvitanii regiona i obshchestva: tradicii, tvorchestvo, tehnologii»*

(Material International scientific-practical conference «Professional education in the development of the region and society: tradition, creativity, technology», dedicated to the 35th anniversary of FGBOU VPO «Omsk state Institute of service»), Omsk, 2012, pp. 50–51.

5. Ivanov V.N., Kulikova O.M. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovanija*, 2013, no 1 (11), pp. 252–256.

6. Mashin V.A. *Voprosy psihologii*, 2007, no 6, pp. 86–96.

7. Mashin V.A. *Jeksperimentalnaja psihologija*, 2011, vol. 4, no 1, pp. 40–57.

8. Mashin V.A. *Trehfaktornaja model variabelnosti serdechnogo ritma v psihologicheskikh issledovanijah funkcionalnyh sostojanij cheloveka-operatora (materialy k doktorskoj dissertacii, red. 25.02.2010)* (Three-factor model of heart rate variability in psychological studies of the functional state of the human operator (materials of doctoral thesis, edited by 25.02.2010). Available at: <http://mashinva.narod.ru/> (accessed 15 April 2016).

9. Naprjazhennost truda (The intensity of the work). Available at: <http://edu.trudcontrol.ru/~3d/item/vo9dXbtT> (accessed 15 April 2016).

10. *Rukovodstvo R 2.2.2006-05 «Rukovodstvo po gigienicheskoj ocenke faktorov rabochej sredy i trudovogo processa. Kriterii i klassifikacija uslovij truda»* (Guide P 2.2.2006-05 «guidelines for the hygienic assessment of factors working environment and labor process. Criteria and classification of working conditions») Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200040973> (accessed 15 April 2016).

11. Taranova E.V. *Lekcii «chelovek-mashina»* (Lecture «human-machine»). Available at: http://bitu.org.ru/umkd/sites/default/files/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%20.%20%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%20%D1%87%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA%20-%20%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_5.pdf (accessed 15 April 2016).