

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА ПРИ ДІЇ НА ЙОГО ОРГАНІЗМ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО СВІТЛОДІОДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

В статті запропоновано дві моделі кольорової стимуляції, які основані на алгоритмах активації і релаксації, метою яких є мобілізація резервних можливостей та активація фізіологічних процесів (симпатична нервова система) з одного боку, і мінімізація енергетичних витрат та збереження власних ресурсів (парасимпатична нервова система) – з іншого. Критерієм є відношення частоти серцевих скорочень до частоти дихання, збільшення якого характерно для стратегії активації і зменшення – до стратегії помірної релаксації. Проведено порівняльний аналіз впливу світлодіодних джерел на деякі показники психофізіологічного статусу, в т. ч. на функціональний стан зорового аналізатора, адапційний потенціал, силу і рівень врівноваженості процесів гальмування і збудження, емоційний стан досліджуваних. Одним із найбільш поширених способів визначення впливу на організм оператора дозованого фізичного навантаження є функціональна проба. Діагностичне значення функціональної проби полягає в її спроможності визначати для оцінювання функціонального стану оператора ступінь пристосованості організму до фізичних навантажень з урахуванням їх персоналізованого об'єму та інтенсивності, виявлення прихованих відхилень, прогнозування адаптивних характеристик діяльності оператора. Функціональна проба найбільш повно дозволяє врахувати багатогранність поняття «функціональний стан», яке в більшості ситуацій, базується на одному з трьох основних підходів. В результаті проведених досліджень дозволяють стверджувати, що застосування комплексного підходу до визначення функціонального стану оператора сприяє зменшенню неоднозначностей і невідповідностей в оцінюванні його стану. Виявлено і підтверджено, що ІЧ-випромінювання є репрезентативним параметром, який відображає реакцію оператора на різні зовнішні впливи, в т. ч. і світлодіодні.

Ключові слова: функціональний стан, низькоінтенсивне світлове випромінювання, комплексний підхід, фізіологічні процеси, критерій, оцінки.

M.V. BACHYNSKYI

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

COMPLEX APPROACH TO DETERMINING THE FUNCTIONAL STATE OF THE OPERATOR AFTER THE ACTION OF ITS ORGANISM OF LOW-INTENSITY LIGHTNING RADIATION

Two models of color stimulation based on activation and relaxation algorithms are proposed in the article, the purpose of which is mobilization of reserve capabilities and activation of physiological processes (sympathetic nervous system) on the one hand, and minimization of energy costs and preservation of own resources (parasympathetic nervous system) - from another. The criterion is the ratio of the heart rate to the respiratory rate, an increase which is characteristic of the strategy of activation and reduction - to the strategy of moderate relaxation. A comparative analysis of the influence of LED sources on some indicators of psycho-physiological status, including on the functional state of the visual analyser, adaptive potential, strength and level of balance of processes of inhibition and excitation, emotional state of the subjects under investigation are carried out. One of the most common ways of determining the effect on the body of the metered-dose operator is a functional test. The diagnostic value of a functional test consists in its ability to determine the degree of adaptability of an organism to physical activity, taking into account their personified volume and intensity, detecting hidden deviations, predicting adaptive characteristics of the operator's activity for the estimation of the functional state of the operator. The functional test most fully allows you to take into account the many-sidedness of the concept of "functional state", which in most situations, is based on one of the three main approaches. As a result of the conducted research it can be argued that the application of the integrated approach to the definition of the functional state of the operator contributes to the reduction of ambiguities and inconsistencies in the assessment of its state. It has been revealed and confirmed that IR radiation is a representative parameter that reflects the operator's response to various external influences, including LEDs.

Keywords: functional state, low-intensity light radiation, complex approach, physiological processes, criterion, evaluation.

Вступ

Функціональний стан і підготовленість оператора, його фізична працездатність знаходяться в прямій залежності від стану здоров'я, яке, в процесі виконання професійної діяльності піддається впливу внутрішніх і зовнішніх факторів, контрольованих і неконтрольованих, регулярних і випадкових, позитивних і негативних тощо.

В будь-якому разі, така ситуація вимагає свого розв'язку шляхом постійного або періодичного оцінювання і визначення поточного рівня функціонального стану оператора, що в абсолютній більшості випадків реалізовано за допомогою зовнішнього діагностування і корекції (стимуляції). В більшості випадків такий підхід є життєздатним і таким, що отримав широке застосування в різних сферах операторської діяльності.

Водночас, досить часто виникають неоднозначності в інтерпретації результатів оцінювання ФС оператора, особливо в умовах дії різного роду випромінювань, і перш за все – низькоінтенсивного світлодіодного випромінювання, що потребує додаткових підходів і заходів до усунення таких неоднозначностей.

Аналіз літературних джерел за даною темою

В роботі [1] запропоновано дві моделі кольорової стимуляції, які основані на алгоритмах активації і

релаксації, метою яких є мобілізація резервних можливостей та активація фізіологічних процесів (симпатична нервова система) з одного боку, і мінімізація енергетичних витрат та збереження власних ресурсів (парасимпатична нервова система) – з іншого. Критерієм є відношення частоти серцевих скорочень (ЧСС) до частоти дихання (ЧД), збільшення якого характерно для стратегії активації і зменшення – до стратегії помірної релаксації [1].

Проведено порівняльний аналіз впливу світлодіодних джерел на деякі показники психофізіологічного статусу, в т.ч. на функціональний стан зорового аналізатора, адаптаційний потенціал, силу і рівень врівноваженості процесів гальмування і збудження, емоційний стан досліджуваних [2].

Адаптаційний потенціал (АП) оцінювався як кількісне визначення рівня ФС організму та його систем і був розрахований без тестів навантаження: АП = 69-100% – низькі витрати адаптаційних ресурсів; АП = 55-69% – середні витрати; АП < 50% - високий рівень витрат адаптаційних ресурсів [2].

Сприйняття світла зоровим аналізатором оператора полягає в трансформації просторових амплітудно-частотних характеристик (ПАЧХ) ЕМВ спеціальними клітинами сітківки ока в АЧХ нервових імпульсів нервових каналів, що посилюються в зорову область кори головного мозку. В нейронах відбувається кінцева фаза трансформації з формуванням просторових зорових образів зовнішнього світла. Зорова кора пов'язана нервово-гуморальними механізмами практично з усіма регуляторними структурами центральної нервової системи, включаючи її вегетативну частину [3]. Отже, існує принципова можливість використання цього механізму в штучному впливі на органи і системи організму людини шляхом дії на зоровий аналізатор спеціально підібраними світловими імпульсами.

Світлові імпульси впливають на світлочутливі клітини райдужної оболонки і сітківки ока, під їх впливом періодично скорочуються мікротубули хрусталика та очного яблука. Опосередкована дія світлокольорового імпульсного впливу активує центри кори головного мозку і забезпечує ефективну психоемоційну корекцію роботи мозку і всієї ЦНС [4].

Одним із найбільш поширених способів визначення впливу на організм оператора дозованого фізичного навантаження є функціональна проба [5]. Діагностичне значення функціональної проби (ФП) полягає в її спроможності визначити для оцінювання функціонального стану оператора (ФСО) ступінь пристосованості організму до фізичних навантажень з урахуванням їх персоніфікованого об'єму та інтенсивності, виявлення прихованих відхилень, прогнозування адаптивних характеристик діяльності оператора. ФП найбільш повно дозволяє врахувати багатогранність поняття «функціональний стан», яке в більшості ситуацій, базується на одному з трьох основних підходів [6].

Згідно активаційного підходу різні ФС – це різні ступені фізичної активності організму, які зумовлені різними рівнями нервової активації. В межах даного підходу ФС та фізіологічний стан розглядаються як синоніми.

З точки зору діяльнісного підходу, ФС розглядається як системна відповідь організму (інтегральна реакція, результат) його на включення в ту чи іншу діяльність. Як компоненти ФС розглядаються оперативний спокій, стан працездатності і різні форми психологічного стресу. Даний підхід дозволяє дати ще одне визначення ФС, як таке, що забезпечує людині можливість в конкретних умовах соціального життя в найбільшому ступені реалізувати потенціал закладених в нього генетичних програм (Вайнер, 2001 р.).

І нарешті – адаптаційний підхід, згідно якому, ФС – це інтегральна характеристика рівня напруженості адаптаційних механізмів організму.

Стає зрозумілим, що для проведення легітимного дослідження, необхідно визначити та обґрунтувати, який підхід та яке визначення поняття функціонального стану використано при його проведенні.

Мета – обґрунтувати необхідність і доцільність застосування комплексного підходу до визначення ФС оператора при дії на його організм низькоінтенсивного світлового випромінювання.

Основний текст статті

Визначимо функціональний стан оператора як інтегральний комплекс різних характеристик і процесів, властивостей та якостей людини, які прямо або опосередковано зумовлюють виконання діяльності (В. І. Медведєв) або іншими словами, під функціональним станом оператора будемо розуміти стан його нервової системи, який адекватний фону або рівню її активності, на якому реалізуються поведінкові акти. Рівень активності нервової системи також є інтегральною характеристикою роботи головного мозку, яка визначає рівень працездатності і поведінку оператора (В. Л. Маришук).

Використання понять надійності та ціни діяльності є підставою для створення загальної класифікації функціональних станів. За допомогою критеріїв надійності функціональний стан характеризується як здатність людини виконувати професійну діяльність на заданому рівні точності, своєчасності, безвідмовності. За показниками ціни діяльності здійснюється оцінка функціонального стану з урахуванням ступеня виснаження сил організму, і в кінцевому підсумку, його впливу на здоров'я людини. На підставі зазначених критеріїв вся множина функціональних станів ділиться на два основні класи. Допустимі функціональні стани, які по-перше, за критерієм надійності дозволяють здійснювати діяльність, ефективність якої не нижче допустимого рівня, а по-друге, – за критерієм ціни діяльності вони не впливають негативно на здоров'я людини. Неприпустимими є такі функціональні стани, при яких ефективність діяльності переходять нижні межі заданої норми (оцінка за критерієм надійності) або з'являються симптоми порушення здоров'я (оцінка за критерієм ціни діяльності) [7].

Надмірне напруження фізіологічних і психологічних ресурсів людини є потенційним джерелом

виникнення різних патологій. На цій підставі виділяють іншу класифікацію нормальних і патологічних станів. Очевидно, що останній клас є предметом медичних досліджень. Однак існує велика група граничних станів, виникнення яких може призвести до хвороби. Наприклад, хронічна втома є граничним станом по відношенню до перетвоми. З точки зору наведеної вище класифікації всі граничні стани відносяться до категорії неприпустимих. Вони вимагають проведення відповідних профілактичних заходів, в розробці яких безпосередню участь повинні брати і психологи [7].

Ще одна максимально загальна класифікація функціональних станів будується на підставі критерію адекватності відповідної реакції людини вимогам діяльності, що виконується. Відповідно до цієї концепції, яка розроблена В.І. Медведєвим [8], всі стани людини можна розділити на дві групи: стани адекватної мобілізації і стани динамічної неузгодженості. Стани адекватної мобілізації характеризуються повною відповідністю ступеня напруженості функціональних можливостей людини вимогам, що пред'являються конкретними умовами. Вони також можуть порушуватися під впливом різних причин: тривалої діяльності; підвищеної інтенсивності навантаження; накопичення втоми і т.д. Тоді виникають стани динамічної неузгодженості – реакція в цьому випадку неадекватна навантаженню або необхідним психофізіологічним витратам, що перевищують реальні можливості людини. У середині цієї класифікації можуть бути охарактеризовані практично всі стани працюючої людини [8].

Стан адекватної мобілізації – це оптимальний або близький до оптимального стан оператора для даних умов роботи, який включений в конкретну систему управління. Симптоматика і виразність цього стану залежать, перш за все, від обсягу інформації, її щільності та екстенсивності, семантичної значущості, характеру кодування, наявності шуму, необхідних програм реалізації прийнятої інформації і особливостей керованої системи. Чим більше поточний стан відрізняється від стану оперативного спокою, тим більше виражена активна мобілізація [8, 9], характерною рисою якої є її лінійність, тобто наявність прямої залежності від суб'єктивних труднощів виконуваної роботи.

Першим кроком діагностики або прогнозування такого стану є кількісний аналіз інформаційної моделі робочого процесу для з'ясування, який елемент цієї діяльності в першу чергу визначає ступінь адекватної мобілізації. У більшості випадків оперативною точкою для судження слугує положення знайдених характеристик на шкалі граничних можливостей людини [8, 9].

Виявлення провідної функції діяльності вирішує питання про те, яка властивість або властивості оператора визначають рівень її виконання, а стан відповідних функцій характеризує ступінь адекватної мобілізації. При цьому змінюється і стан зв'язаних з провідною функцією систем неспецифічного забезпечення і регулюючих нервових утворень. Оскільки стан цих систем не відволікає оператора від виконання основних обов'язків, а самі показники досить тісно корелюють з рівнем роботи основної системи, то про ступінь напруженості судять саме за станом цих систем [9].

Стан адекватної мобілізації характеризується мінімальним числом помилок в роботі і вибором оптимального алгоритму діяльності [9].

Стан динамічної неузгодженості – це стан, при якому порушується основна закономірність попередньої стадії – рівень роботи по сприйняттю інформації не відповідає очікуваному фізіологічному стану. Для такого стану характерні суттєві зрушення вегетативних реакцій, поява додаткових реакцій, зокрема потовиділення, розширення судин шкіри, порушення м'язового балансу і ін. Даний стан надзвичайно важливий для оцінки роботи фахівця, оскільки він супроводжується вираженими порушеннями працездатності та появою великої кількості помилок, зайвими діями, збільшенням часу роботи, аж до відмови від роботи або її припинення [8, 9].

Узагальнений характер динамічної неузгодженості призводить до того, що помилки і неправильні дії спостерігаються навіть тоді, коли оператор повинен виконувати необхідні за ходом роботи нескладні для нього дії, які в іншому стані виконувались безвідмовно. На цій підставі оснований один із прийомів оцінки неузгодженості, коли оператору в процесі роботи пропонують пройти ряд тестів зростаючої складності, зазвичай добре виконуваних. Чим простіший тест, при якому виникла складна ситуація або помилка, тим глибша динамічна неузгодженість [8, 9].

Динамічна неузгодженість є більш стійкою, ніж адекватна мобілізація; зменшення інтенсивності навантаження не призводить до ліквідації цього стану і появи адекватної мобілізації. Водночас, необхідний певний час, перш ніж ознаки неузгодженості зникнуть [9].

Будемо розглядати функціональний стан оператора як множину його складових: ФСЗА – функціонального стану зорового аналізатора; ФССА – функціонального стану слухового аналізатора; ФСССС – функціонального стану серцево-судинної системи; ФСЦНС – функціонального стану центральної нервової системи; ФСДС – функціонального стану дихальної системи; ФСФПЗ – функціонального стану фізичної працездатності (рис. 1), яку доповнено ФССОО – функціональним станом, що визначається за самооцінкою оператора. Введення додаткової складової ФССОО суттєво зменшує невизначеність оцінки ФС оператора і дозволяє зробити її комплексною, такою, що враховує об'єктивно-визначені ФС (ФСЗА, ФССА, ФСЦНС, ФСДС, ФСФПЗ) та суб'єктивний, визначаємий самим оператором (ФССОО).

Функціональний стан оператора методом самооцінки пропонується оцінювати за трьома нескладними і комфортними тестами, які одночасно мають високу інформативність: тест САН [10], методика оцінки працездатності і фізичного стану [11] та тест класифікації операторів на аудіали, візуали і кінестетики [4].

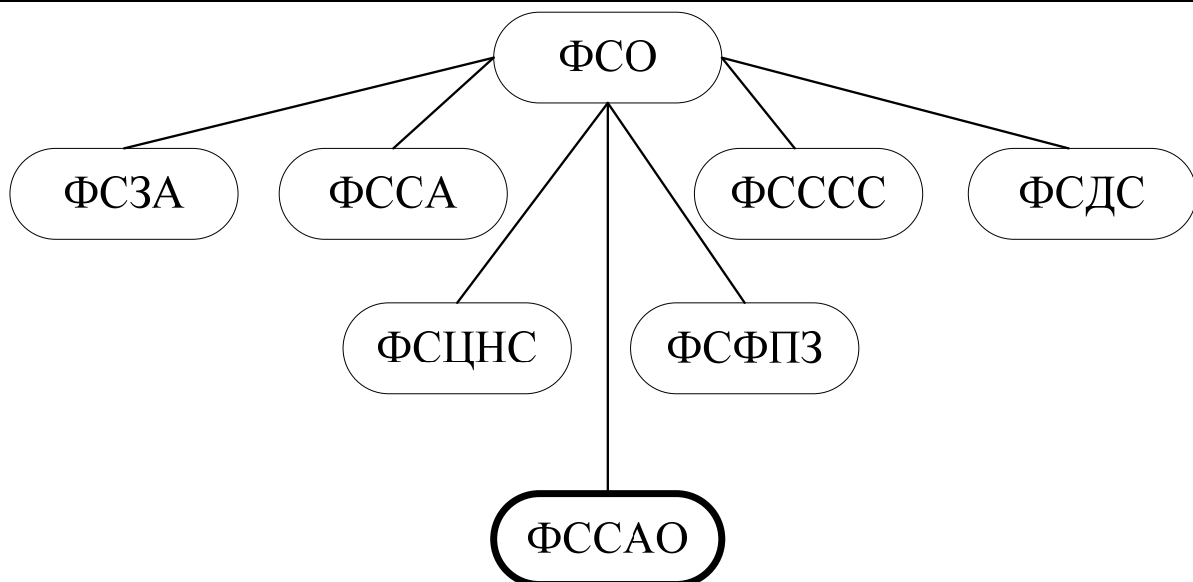


Рис. 1. ФС оператора як множина ФС

Методика оцінки працездатності і фізичного стану належить до розрахункових і не потребує будь-яких спеціальних вправ або процедур. Відповідно до неї рівень фізичного стану (РФС) оператора можна розрахувати за такою формулою [11]

$$РФС = 700 - 3 * ЧСС - 2,5 * АТср - 2,7В + МТ / 350 - 2,6 * В + 0,21ДТ,$$

де ЧСС – частота серцевих скорочень за 1 хв. в спокої; АТср – середній артеріальний тиск ($АТср = АТс + АТд - АТд/3$); В – вік; МТ – маса тіла, кг; ДТ – довжина тіла, см.

Критерії відповідності РФС для чоловіків і жінок наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

РФС	Чоловіки	Жінки
1 (низький)	0,225-0,375	0,157-0,260
2 (нижче середнього)	0,376-0,525	0,261-0,365
3 (середній)	0,526-0,675	0,366-0,475
4 (вище середнього)	0,676-0,825	0,476-0,575
5 (високий)	0,836 і більше	0,576 і більше

Тест класифікації операторів на аудіали, візуали і кінестетики [4] передбачає вибір оператором одного з чотирьох варіантів відповідей на запропоновані 4 висловлювання, після чого підрахунок балів і визначається провідна система [4].

Якщо провідною є аудіальна система, то світлові впливи краще проводити на внутрішні бокові поля зору; візуальна – на верхні; кінестетична – на нижні; дискретна – на бокові зовнішні поля зору [4].

Висновки

Результати проведених досліджень дозволяють стверджувати, що застосування комплексного підходу до визначення ФС оператора сприяє зменшенню неоднозначностей і невідповідностей в оцінюванні його стану.

Виявлено і підтверджено, що ІЧ-випромінювання є репрезентативним параметром, який відображає реакцію оператора на різні зовнішні впливи, в т.ч. і світлодіодні.

Література

1. Пятакович Ф.А. Биотехническая система мультипараметрического игрового тренинга, направленная на модификацию функционального состояния человека / Ф.А. Пятакович, М.А. Сурушкин, Т.И. Якупченко и др. ; НИУ БелГУ // Научные ведомости БелГУ. Сер. Медицина. Фармация. – 2011. – № 10(105). Вып. 14. – С. 282–287.
2. Осиков М.В. Сравнительный анализ влияния светодиодных источников освещения на психофизиологический статус и адаптационные возможности волонтеров / М.В. Осиков, О.А. Гизингер, Л.Ф. Телешева, И.И. Долгушин, О.И. Огнева, А.А. Федосов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.
3. Егорова Е.Ю. Концепция организации службы психолого-педагогического сопровождения, адаптации и сохранения психического здоровья в учебном процессе МГТУ им. Н.Э. Баумана [Электронный ресурс] / Е.Ю. Егорова // Гуманитарный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Вып. 11. – Режим доступа : <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/prmed/hidden/133.html>.

4. Голуб Я.В. Медико-психологические аспекты применения свето-звуковой стимуляции и биологически обратной связи / Голуб Я.В., Жиров В.М. – СПб: КЕРИ, 2007. – 100 с.
5. Оценка функционального состояния организма спасателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk-cert.ru/news/otsenka_funktionalnogo_sostoyaniya_organizma_spasatelya/
6. Оценка функционального состояния организма человека : в 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы : учеб. пособие / С. Э. Мурик. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 159 с.
7. Функциональные состояния человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://works.doklad.ru/view/n7DAUk6ZuOg/all.html>
8. Тема 3. Функциональные состояния человека в труде [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.uhlib.ru/psihologija/psihologija_truda_konspekt_lekcii/p5.php
9. Факторы, определяющие развитие эмоциональных состояний [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studopedia.su/15_19613_konfliktne-emotsionalnie-sostoyaniya-
10. Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты : учебное пособие / под ред. Д.Я. Райгородского. – Самара : Бахрах-М, 2001. – 672 с. – ISBN 5-89570-005-5.
11. Расчет уровня физического состояния [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mestasily.org/raschet-urovenya-fizicheskogo-sostoyaniya/>

References

1. Pyatakovich F.A. Biotehnicheskaya sistema multiparametricheskogo igrovogo treninga, napravlenaya na modifikaciyu funkcionalnogo sostoyaniya cheloveka / F.A. Pyatakovich, M.A. Surushkin, T.I. Yakunchenko i dr. ; NIU BelGU // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Medicina. Farmaciya. – 2011. – № 10(105). Вып. 14. – S. 282–287.
2. Osikov M.V. Sravnitelnyj analiz vliyaniya svetodiodnyh istochnikov osvesheniya na psihofiziologicheskij status i adaptacionnye vozmozhnosti volonterov / M.V. Osikov, O.A. Gizinger, L.F. Telesheva, I.I. Dolgushin, O.I. Ogneva, A.A. Fedosov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 5.
3. Egorova E.Yu. Koncepciya organizacii sluzhby psihologo-pedagogicheskogo soprovozhdeniya, adaptacii i sohraneniya psihicheskogo zdorovya v uchebnom processe MGTU im. N.E. Baumana [Elektronnij resurs] / E.Yu. Egorova // Gumanitarnyj vestnik MGTU im. N.E. Baumana. – 2013. – Вып. 11. – Rezhim dostupu : <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/prmed/hidden/133.html>.
4. Golub Ya.V. Mediko-psihologicheskie aspekty primeneniya sveto-zvukovoj stimulyacii i biologicheski obratnoj svyazi / Golub Ya.V., Zhiron V.M. – SPb: KERI, 2007. – 100 s.
5. Ocenka funkcionalnogo sostoyaniya organizma spasatelya [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : https://uk-cert.ru/news/otsenka_funktionalnogo_sostoyaniya_organizma_spasatelya/
6. Ocenka funkcionalnogo sostoyaniya organizma cheloveka : v 2 ch. Ch. 1. Teoreticheskie osnovy : ucheb. posobie / S. E. Murik. – Irkutsk : Izd-vo IGU, 2013. – 159 s.
7. Funkcionalnye sostoyaniya cheloveka [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : <https://works.doklad.ru/view/n7DAUk6ZuOg/all.html>
8. Tema 3. Funkcionalnye sostoyaniya cheloveka v trude [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : http://www.uhlib.ru/psihologija/psihologija_truda_konspekt_lekcii/p5.php
9. Faktory, opredelyayushie razvitie emocionalnyh sostoyanij [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : https://studopedia.su/15_19613_konfliktne-emotsionalnie-sostoyaniya-
10. Rajgorodskij D.Ya. Prakticheskaya psihodiagnostika. Metodiki i testy : uchebnoe posobie / pod red. D.Ya. Rajgorodskogo. – Samara : Bahrah-M, 2001. – 672 s. – ISBN 5-89570-005-5.
11. Raschet urovnya fizicheskogo sostoyaniya [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : <http://mestasily.org/raschet-urovenya-fizicheskogo-sostoyaniya/>

Рецензія/Peer review : 6.6.2019 р. Надрукована/Printed : 18.7.2019 р.
Стаття рецензована редакційною колегією