

УДК 159.9:331.015.11

DOI: 10.12737/article\_5ac49dc54994a7.99809030

Р.В. Яцков

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ ОПЕРАТОРОВ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Рассмотрена методология выявления профессионально важных качеств (ПВК) операторов энергосистем с помощью экспертных оценок методом весовых коэффициентов важности. Предложен подход к ранжированию отдельных ПВК из предлагаемых множеств в отношении к каждому фактору, определяющему основные задачи профессио-

нальной деятельности операторов энергосистем.

**Ключевые слова:** оператор, человеко-машинная система, энергосистема, экспертные оценки, эргономика, профессионально важные качества, инженерная психология, математическая модель.

R.V. Yatskov

## AUTOMATION OF DIAGNOSTICS AND MANAGEMENT IN FORMATION OF PROFESSIONAL QUALITIES SIGNIFICANT FOR OPERATORS OF POWER NETWORKS

A methodology for the definition of professionally significant qualities (PSQ) for the operators of power networks with the aid of experts' assessments through the method of weighting factor of significance is considered. An approach to the ranking of separate PSQs from the multitude offered regarding every factor

defining basic tasks of power network operator's activities is offered.

**Key words:** operator, man-machine system, power network, expert's assessments, ergonomics professionally significant qualities, engineering psychology, simulator.

Анализ аварийных отключений, технических нарушений и отказов в энергетических системах показал, что около 35-40% случаев происходит по вине персонала. При этом половина из них связаны с нестандартными режимами управления объектами энергосистемы на различных уровнях оперативного управления.

Оперативный руководитель энергосистемы или ее части, по сути, определяет качество функционирования объектов энергетики и является ключевым звеном, ограничивающим производительность, надежность и эффективность работы системы.

Существует множество научных работ, посвященных исследованиям проблемы профессиональной пригодности субъекта труда.

В.А. Бодров выделял необходимость изучения различных психологических, физиологических, социальных и других характеристик человека в его трудовой деятельности, оказывающих влияние на процесс труда [2]. В.А. Бодров отмечал, что

одной из ведущих проблем теоретико-прикладных исследований психологических особенностей операторской деятельности является проблема надежности человека-оператора и системы «человек – машина» в целом [2]. Н.В. Cott приводит данные Meshrati (Personal communication, 1993), которые свидетельствуют о том, что происшествия по причине ошибки человека на атомных станциях США, являющихся основополагающей частью энергосистемы, составляют 70% от всех зарегистрированных случаев [11]. Также в работах [10-12] отмечается, что доля нарушений технологических процессов и аварийных ситуаций по вине человека в различных отраслях промышленности очень существенна, в частности в энергетике этот показатель – от 70 до 90%.

Анализируя работы отечественных и зарубежных ученых, можно выделить два основных подхода к обеспечению надежности человека-оператора [3;6;8;12 и др.].

Первый подход основан на использовании адаптивных интерфейсов и различ-

ных систем помощи и поддержки принятия решений. С практической точки зрения в реальных условиях, отличающихся быстрой сменой входных данных, неполнотой информации и дефицитом времени на принятие решения, такой подход не может быть эффективным, так как для его максимальной реализации на практике необходимо учитывать индивидуальные психофизиологические особенности конкретного оператора. Определение профессионально важных психофизиологических качеств, необходимых оператору для осуществления эффективного управления энергосистемой, позволит обеспечить автоматическую адаптацию интерфейса к конкретному индивидууму в условиях динамики его операторской работоспособности.

Второй подход основан на оценке профессиональной пригодности оператора. Для данного подхода характерна низкая точность, обусловленная сложностью формализации операторской деятельности, что приводит к некой усредненности оператора. Кроме того, нет единой методики проведения исследований, реализующей получение, анализ и интерпретацию данных.

Эффективность деятельности оператора можно представить, используя аналитические методы на базе приведенных показателей, как обобщенный критерий [6]:

$$W = \int_{\Omega} \varphi(t) Q(t) dt,$$

где  $t$  – время решения оператором задачи управления;  $\varphi(t)$  – плотность распределения вероятности времени решения задач;  $Q(t)$  – условная эффективность деятельности оператора для случая, когда время решения задачи управления приняло значение  $t$ ;  $\Omega$  – область определения случайной величины  $t$ .

В этом случае по [6] условная эффективность деятельности оператора определяется как

$$Q(t) = P(t)G(t),$$

где  $P(t)$  – вероятность безошибочного решения задачи управления за время  $t$ ;  $G(t)$  – условная эффективность деятельности оператора, когда задача решена правильно за время, не превышающее  $t$ .

Очевидно, что функции  $P(t)$  и  $G(t)$  определяются в операторской деятельности неким набором профессионально важных качеств (ПВК), являющихся совокупностью психофизиологических параметров оператора и когнитивной составляющей его профессионального уровня, то есть уровня знаний нормативной базы, инструкций и правил, обуславливающих успешное выполнение поставленной задачи.

Совокупность всех ПВК, типичных для оператора энергосистемы, можно определить в виде множества [6]

$$P = \{X_1, \dots, X_n\}, \quad (1)$$

где  $X_1, \dots, X_n$  – отдельные ПВК. При этом каждое из ПВК можно представить в виде некоторого подмножества [6]

$$X_j = \{x_1, \dots, x_n\}, \quad (2)$$

где  $x_1, \dots, x_n$  – элементарные функции, задействованные в процессе операторской деятельности.

Важным моментом для дальнейшего анализа и определения профессиональной пригодности оператора является определение важности и значимости всех ПВК, их ранжирование по максимальному влиянию на выполнение той или иной функции операторской деятельности в управлении энергосистемой.

Для корректного распределения множеств  $P$  необходимо определить основные функции системного оператора энергосистемы. Руководствуясь должностными инструкциями системного оператора, а также законом «Об энергетике», обозначим основные функции оперативного руководителя энергосистемы:

F1. Обеспечивать соблюдение установленных параметров надежности функционирования энергетической системы и качества электрической энергии.

F2. Управлять технологическими и ремонтными режимами работы объектов электроэнергетики.

F3. Отдавать субъектам электроэнергетики и потребителям электрической энергии с управляемой нагрузкой обязательные для исполнения оперативные диспетчерские команды и распоряжения, связанные с осуществлением функций системного оператора.

F4. Осуществлять в ситуациях, свя-

занных с угрозой нарушения целостности или работоспособности электроэнергетической системы, либо при ликвидации системных аварий реализацию мер, направленных прежде всего на обеспечение работоспособности объектов системного значения, а также на восстановление нормальной работы сети и оборудования в кратчайшие сроки.

Для эффективного выполнения данных функций к операторам или кандидатам на должность оператора энергосистемы предъявляются определенные требования, заключающиеся в знании нормативных документов, должностных и производственных инструкций, норм и правил, схем электроустановок и т.п. Обозначим эти требования как множество ПВК  $P_1$ . Также кандидат или работник должны обладать определенным набором психофизиологических факторов – множество ПВК  $P_2$ .

Множество ПВК  $P_1$  определяется утвержденным перечнем нормативной литературы, обязательной к изучению для кандидата на должность диспетчера энергосистемы. По (1) и (2) зададим отдельные ПВК  $X_1, \dots, X_n$ .

Для формирования перечня требуемых психофизиологических возможностей (ПВК  $P_2$ ) рассмотрены дифференциально-деятельностные подходы к проблеме минимизации производственных рисков [2]. На этой основе разработана система требуемых психофизиологических возможностей для операторов с целью выявления тех ПВК, которые оказывают наибольшее влияние на успешное выполнение функций системного оператора. Для множества ПВК  $P_2$  выделим ряд психофизиологических факторов: быстрота реакции, надежность, точность и др.

Цель проведенного исследования заключалась в определении влияния отдельных ПВК из множеств  $P_1$  и  $P_2$  на каждую из основных функций оператора. Данные, полученные при этом исследовании, положены в основу разработки универсального адаптивного комплекта тестов для аттестации и подбора персонала на должность оперативного руководителя энергосистемы и морфологического синтеза тре-

бно-имитационной аппаратуры, встраиваемой в существующую автоматизированную систему контроля и управления энергосистемой.

Для решения поставленной задачи был использован метод экспертных оценок. Суть экспертных методов заключается в том, чтобы, используя опыт, знания, интуицию специалистов, извлечь из субъективных суждений объективную истину. Разновидностей экспертных методов довольно много, но большинство из них могут быть сведены к двум классам: методы прямого ранжирования и методы попарного сравнения. Наилучшими с точки зрения точности выводов являются методы прямого ранжирования, однако они ограничены человеческими возможностями: при числе объектов сравнения 12–15 никакой эксперт не в состоянии проранжировать их правильно. Поэтому при большом числе объектов сравнения прибегают к психологически более комфортным методам попарного сравнения, при которых эксперт отдает предпочтение одному из факторов с точки зрения его влияния на параметр оптимизации. При этом в случае ошибки эксперта неопределенность каждого вывода, если воспользоваться энтропийной оценкой [3]

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i ,$$

составляет 1 бит. По [3] выбираем экспертный метод весовых коэффициентов важности (ВКВ). В исследовании приняли участие 25 респондентов: диспетчеры Центральной диспетчерской службы ГУП «ГК Днестрэнерго», являющейся системным оператором энергосистемы Приднестровья, начальники и мастера служб релейной защиты и автоматики, режимов и учета электроэнергии и др., имеющие стаж работы в занимаемой должности не менее 5 лет.

Реализация метода ВКВ требует соблюдения определенных правил [3]:

1. Опрос экспертов проводится только письменно и только в виде специально разработанной анкеты.

2. Анкета состоит из пунктов (объектов), в которых сформулированы некоторые утверждения (не вопросы).

3. Пункты анкеты сформулированы таким образом, чтобы на них каждый эксперт мог ответить однозначно.

4. Отбор экспертов проводится исследователем по возможности из различных групп.

5. Опрос экспертов проводится индивидуально.

6. Обработка анкет ведется объективными методами. Должны быть некоторые контрольные критерии проверки.

7. После обработки анкет должно быть достаточно убедительное представление результатов.

Для каждого эксперта были состав-

$$a_{i,j} = \begin{cases} 2, & \text{если, по мнению эксперта, объект } i \text{ превосходит объект } j; \\ 1, & \text{если объекты качественно равны друг другу} \\ & \text{или эксперт не знает, что сказать;} \\ 0, & \text{если объект } i \text{ уступает объекту } j. \end{cases}$$

На данном этапе опрос экспертов можно считать законченным, и таблицы-матрицы передаются исследователю для дальнейшей обработки. Оставшуюся часть матрицы заполняем по правилу [3]

$$a_{ji} = 2 - a_{ij}$$

При этом с учетом известного правила сложения вероятностей зависимых событий энтропийная мера неопределенности каждого вывода составляет  $H=0,5$  бит. Это означает, что достоверность выводов при использовании метода ВКВ выше, чем при использовании других методов экспертных оценок. В конечном виде ранжирование объектов происходит по величине весовых коэффициентов важности  $k$ -го порядка [3]

$$b_i(k) = \frac{p_i(k)}{\sum_{i=1}^n p_i(k)}, \quad (3)$$

где  $p_i(k)$  – итерированная важность  $k$ -го порядка для  $i$ -го объекта;  $n$  – число сравниваемых объектов. Конкретно величины  $p_i(k)$  находим по следующим формулам [3]:

$$p_i(1) = \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

лены восемь опросных листов, четыре из которых предлагают выбрать наиболее значимые ПВК из множества  $P_1$  для каждой из четырех основных функций системного оператора, а оставшиеся четыре предлагают эксперту определить наиболее важные психофизиологические ПВК из множества  $P_2$  для тех же основных функций.

Каждый эксперт заполнил верхнюю (от диагонали, на которой стоят единицы) треугольную часть таблицы-матрицы по правилу [3]

$$p_i(2) = \sum_{f=1}^n \Psi_f \cdot p_f(1); \quad f = \overline{1, n}$$

где

$$\Psi_f = \begin{cases} 2, & \text{если } p_f(1) < p_i(1); \\ 1, & \text{если } p_f(1) = p_i(1); \\ 0, & \text{если } p_f(1) > p_i(1). \end{cases}$$

Согласно [3], условие стабильности ранжирования соблюдается уже при  $k=1$  и всегда при  $k=2$ , поэтому считать итерированные важности более высоких порядков нецелесообразно.

Правильность заполнения матрицы проверяем по следующему равенству [3]:

$$\sum_{i=1}^n p_i(1) = n^2.$$

Метод ВКВ позволяет оценить внутреннюю непротиворечивость экспертов и в дальнейших исследованиях использовать только мнения тех экспертов, которые компетентны в данном опросе и мнение которых необходимо учитывать.

Благодаря этому методу на предварительном этапе исследования определяем коэффициент непротиворечивости ответов каждого эксперта, т.е. коэффициент его компетентности по данному конкретному

вопросу [3]:

$$q_l = \frac{n^3 - \left\{ \sum_{i=1}^n p_i(2) \right\}_l}{\frac{1}{3}(n^3 - n)}$$

Если величина  $q_l$  меньше некоторого граничного значения (в нашем случае  $q_{гр} = 0,5$ ), то мнение такого эксперта не следует учитывать в дальнейших расчетах, ввиду того что эксперт сам себе противоречит. В противном случае с мнением эксперта следует считаться.

Определение коэффициента непротиворечивости в ходе исследования подтверждает гипотезу о том, что эксперты из числа электротехнического и административно-технического персонала электрических сетей, даже с опытом работы в энергетике, в вопросах приоритетности ПВК для обеспечения эффективного управления энергосистемой малокомпетентны ввиду отсутствия навыков оперативной работы и знаний, требуемых для осуществления операторской деятельности. Коэффициенты непротиворечивости у сотрудников неоперативных служб оказались ниже 0,5 и варьируются в пределах от 0,1 до 0,42, что даёт основание в дальнейшем расчёте не учитывать их мнение и сосредоточиться на обработке данных, полученных от диспетчеров Центральной диспетчерской службы, начальника службы (6 человек).

Результаты обработки анкет экспертов сведены в таблицы весовых коэффици-

ентов важности второго порядка рассчитанных по формуле (3). Таблицы также являются основой для вычисления средних величин  $b_{icp}(k)$  и дисперсий  $S^2\{b_{il}(k)\}$ .

Для выделения факторов, вызывающих непримиримые разногласия экспертов, применим критерий Кохрена, при нахождении которого требуется знать только выборочную дисперсию [3]:

$$G = \frac{\max\{S_i^2(k)\}}{\sum_{i=1}^n S_i^2(k)}, \quad (4)$$

где  $S_i^2(k) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m [b_{il}(k) - \bar{b}_i(k)]^2$  - выборочная дисперсия весовых коэффициентов важности, вычисленная для всех  $m$  экспертов по  $i$ -му фактору;  $\max\{S_i^2(k)\}$  - максимальное числовое значение одной из выборочных дисперсий  $S_i^2(k)$ , вычисленных для всех  $n$  исследуемых факторов.

Полученное расчетное значение критерия Кохрена  $G$  сравниваем с табличным  $G_{табл}(q; v_1; v_2)$  для уровня значимости  $q$  ( $v_1$  - число степеней свободы числителя, равное числу экспертов  $m$  без единицы;  $v_2$  - число степеней свободы знаменателя, равное числу ранжируемых объектов  $n$ ). При  $G > G_{табл}$  фактор, которому принадлежит максимальная дисперсия  $\max\{S_i^2(k)\}$ , изымается из дальнейших расчетов и вопрос о его роли решается дополнительным исследованием. При невыполнении неравенства считаем, что ни по какому объекту эксперты не высказывали противоречивых суждений [3].

Для F1:

ПВК P<sub>1</sub>:  $G = 0,127 < 0,184 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=21)$ .

ПВК P<sub>2</sub>:  $G = 0,112 < 0,149 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=23)$ .

Для F2:

ПВК P<sub>1</sub>:  $G = 0,162 < 0,184 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=21)$ .

ПВК P<sub>2</sub>:  $G = 0,137 < 0,149 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=23)$ .

Для F3:

ПВК P<sub>1</sub>:  $G = 0,184 < 0,184 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=21)$ .

ПВК P<sub>2</sub>:  $G = 0,134 < 0,149 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=23)$ .

$$G = \frac{\max\{S_i^2(k)\}}{\sum_{i=1}^n S_i^2(k)}$$

Для F4:

ПВК P<sub>1</sub>:  $G = 0,168 < 0,184 = G_{табл}(5\%; v_{числ}=5; v_{знач}=21)$ .

ПВК  $P_2$ :  $G = 0,095 < 0,149 = G_{\text{табл}}$  (5%;  $v_{\text{числ}}=5$ ;  $v_{\text{знач}}=23$ ).

Проверка по критерию Кохрена (4) показала, что с 95%-й вероятностью доказано отсутствие существенных противоречий в высказываниях экспертов по влиянию ПВК множеств  $P_1$  и  $P_2$  на каждую из основных функций системного оператора.

Последней проверкой

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \sum_{l=1}^m p_{il}(1) - mn \right]^2}{\frac{1}{3} m \left[ m(n^3 - n) - \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m (t_{il}^3 - t_{il}) \right]},$$

где  $t_{il}$  – число повторений (одинаковых значений) величин  $p_{il}(1)$ , сделанных  $l$ -м экспертом.

Для проверки значимости коэффициента конкордации формируем критерий Пирсона [3]

$$\chi^2 = m(n-1)W,$$

который сравниваем с табличным значением  $\chi^2_{\text{табл}}$  ( $q$ ;  $v = n - 1$ ). При выполнении условия  $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл}}$  найденный коэффициент конкордации  $W$  признаем значимым, то есть считаем, что эксперты высказались

в основном согласованно, противоречий в их мнениях нет и полученное ранжирование  $b_{\text{icp}}(2)$  можно принять за окончательное решение.

Для F1:

$$\text{ПВК } P_1: \chi^2 = 74,04 > 31,41 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=20).$$

$$\text{ПВК } P_2: \chi^2 = 44,09 > 33,92 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=22).$$

Для F2:

$$\text{ПВК } P_1: \chi^2 = 59,04 > 31,41 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=20).$$

$$\text{ПВК } P_2: \chi^2 = 36,17 > 33,92 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=22).$$

Для F3:

$$\text{ПВК } P_1: \chi^2 = 76,80 > 31,41 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=20).$$

$$\text{ПВК } P_2: \chi^2 = 51,35 > 33,92 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=22).$$

Для F4:

$$\text{ПВК } P_1: \chi^2 = 41,52 > 31,41 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=20).$$

$$\text{ПВК } P_2: \chi^2 = 48,18 > 33,92 = \chi^2_{\text{табл}}(5\%; v=22).$$

В ходе проверки получили значение коэффициента конкордации экспертов Центральной диспетчерской службы ГУП «ГК Днестрэнерго». Критерий Пирсона окончательно доказал правильность ранжировки влияния ПВК на основные функции системного оператора.

В результате проведенных исследований установлено, что в успешности деятельности оператора энергосистемы решающее значение имеет высокая теснота корреляционных связей познавательной

сферы и комплекса психофизиологических факторов, оказывающих в своей совокупности с эргономическими аспектами доминирующее влияние на уровень профессионализма каждого конкретного субъекта.

Исходя из эмпирических данных установлено, что познавательная сфера и психофизическая устойчивость являются определяющими при работе оператора, в деятельности которого основными структурными компонентами являются аттен-

ционные, мыслительные, психомоторные и сенсорно-перцептивные процессы. Эти структурные компоненты, как показано в наших исследованиях, определяют профессионально важные качества, способствующие эффективной деятельности операторов энергосистем. Данный вывод лежит в основе гипотезы о необходимости создания автоматизированной экспертной системы поддержки принятия решений в процессе эргономического обеспечения разработки автоматизированной системы контроля и управления энергосистемой.

Выявленные значения ПВК для успешной деятельности позволяют нивелиро-

вать недостатки усредненности подхода к определению уровня профессионализма оператора и выявить наиболее значимые индивидуальные психофизиологические и когнитивные особенности каждого оператора. Полученные эмпирические результаты, связанные с отбором и аттестацией операторов энергосистем, являются базовыми показателями для построения математической модели алгоритмов и программных продуктов морфологического синтеза тренажно-имитационной аппаратуры, встраиваемой в существующую автоматизированную систему контроля и управления энергосистемой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченков, В.И. Математическое моделирование процесса тестирования с использованием шкалы цветовых предпочтений / В.И. Аверченков, С.В. Кондратенко, В.В. Спасенников // Информационные системы и технологии. – 2016. – № 2 (94). – С. 5-13.
2. Бодров, В.А. Методологические и теоретические вопросы изучения проблемы профессиональной пригодности субъекта труда // Профессиональная пригодность: субъектно-деятельностный подход / под ред. В.А. Бодрова. – М.: Ин-т психологии РАН, 2004. – 390 с.
3. Долгов, Ю.А. Статистическое моделирование: учеб. для вузов / Ю.А. Долгов. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2010. – 346 с.
4. Егоров, В.В. К проблеме снижения риска совершения ошибок в работе операторов систем автоматизированного управления газораспределительных станций / В.В. Егоров, М. Ел-Грейд // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2011. – № 2. – С. 38-45.
5. Ел-Грейд, М. Информационная модель деятельности операторов газотранспортных предприятий для снижения риска совершения ошибок в их работе / М. Ел-Грейд, К.Д. Яшин, В.В. Егоров // Доклады БГУИР. – 2010. – № 2 (54). – С. 121-126.
6. Кондратенко, С.В. Методология оценки деятельности операторов в человеко-машинных системах / С.В. Кондратенко, А.А. Кузьменко, В.В. Спасенников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – № 1 (54). – С. 261-270.
7. Котенко, К.А. Проблемы оценки влияния реализации эргономических требований на экономическую эффективность функционирования человеко-машинных комплексов / К.А. Котенко, В.В. Спасенников // Экономический анализ: теория и практика – 2016. – № 4. – С. 149-163.
8. Машин, В.А. Процедура профессионального отбора на оперативные должности (на материале отбора персонала для АЭС) / В.А. Машин, М.Н. Машина // Вопросы психологии. – 2005. – № 3. – С. 52-56.
9. Яцков, Р.В. Особенности и проблемы психологического функционирования и эргономического обеспечения профессиональной деятельности оперативно-диспетчерского персонала энергосистем / Р.В. Яцков // Закономерности взаимодействия технических устройств и человека в технических и антропогенно-измененных системах: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 135-144.
10. Averchenkov, V.I. Formation of the color palette for content based image retrieval automated systems / V.I. Averchenkov, V.K. Gulakov, V.V. Mirochnikov, I.A. Potapov, V.V. Spasennikov, A.O. Trubakov // World applied sciences journal. – 2013. – № 24. – P. 1-6.
11. Cott, H.V. Human Errors: Their Causes and Reduction / H.V.Cott // Human Errors in Medicine/ M.S. Bogner (ed.)- Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associated, Publishers, 1994. - P. 63-65.
12. Leveson, N. New Accident Model for Engineering Safer Systems / N. Leveson // Safety Science. – 2004. – V. 42.- № 4. – P. 237-270.
1. Averchenkov, V.I. Numerical simulation of testing process using scale of color preferences / V.I. Averchenkov, S.V. Kondratenko, V.V. Spasennikov // *Information Systems and Technologies*. – 2016. – No.(94). – pp. 5-13.
2. Bodrov, V.A. Methodological and theoretical matters of studying problems of labor subject professional suitability // *Professional Suitability: Subject-Activity Approach* / under the editorship of V.A. Bodrov. – M.: Institute of Psychology of the RAS, 2004. – pp. 390.
3. Dolgov, Yu.A. *Statistical Modeling: college manual*

- / Yu.A. Dolgov. – Tiraspol: Publishing House of Transdnistran University, 2010. – pp. 346.
4. Yegorov, V.V. To the problem of error risk decrease in operators' work with automated control systems at gas-distributing stations / V.V. Yegorov, M. El-Grade // *Bulletin of Belorussian National Technical University*. – 2011. – No.2. – pp. 38-45.
  5. El-Grade, M. Information model of activities of gas transport company operators to decrease risk of errors in operator's work / M. El-Grade, K.D. Yashin, V.V. Yegorov // *Proceedings of BSU*. – 2010. No.2 (54). – pp. 121-126.
  6. Kondratenko, S.V. Methodology in assessment of operator activities in man-machine systems / S.V. Kondratenko, A.A. Kuzmenko, V.V. Spasennikov // *Bulletin of Bryansk State Technical University*. – 2017. – No.1(54). – pp. 261-270.
  7. Kotenko, K.A. Problems in assessment of ergonomic requirement realization impact upon economic efficiency of man-machine complex functioning / K.A. Kotenko, V.V. Spasennikov // *Economic Analysis: Theory and Practice* – 2016. – No.4. – pp. 149-163.
  8. Mashin, V.A. Procedure of professional selection for executive positions (based on material personnel selection for NPP) / V.A. Mashin, M.N. Mashina // *Problems of Psychology*. – 2005. – No.3 – pp. 135-144.
  9. Yatskov, R.V. Peculiarities and problems in psychological functioning and ergonomic support of professional activities of executive and supervisory personnel of power systems / R.V. Yatskov // *Interaction Regularities of Engineering Devices and Man in Engineering and Anthropogenic Changing Systems: Proceedings of the Inter. Scientif. Pract. Conf.* – 2016. – pp. 135-144.
  10. Averchenkov, V.I. Formation of the color palette for content based image retrieval automated systems / V.I. Averchenkov, V.K. Gulakov, V.V. Mirochnikov, I.A. Potapov, V.V. Spasennikov, A.O. Trubakov // *World applied sciences journal*. – 2013. - № 24. – P. 1-6.
  11. Cott, H.V. Human Errors: Their Causes and Reduction / H.V.Cott // *Human Errors in Medicine/ M.S. Bogner (ed.)*.- Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associated, Publishers,1994. - P. 63-65.
  12. Leveson, N. New Accident Model for Engineering Safer Systems / N. Leveson // *Safety Science*. – 2004. – V. 42.- № 4. – P. 237-270.

Статья поступила в редколлегию 12.02.18.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета  
Аверченков В.И.

#### Сведения об авторе:

**Яцков Роман Владимирович**, аспирант Брянского государственного технического университета, системный оператор (диспетчер) энергосистемы Приднестровской Молдавской Республики в ГУП «ГК Днестрэнерго», тел.: +7 (9003) 60 17 86, e-mail: [romanyatskov@gmail.com](mailto:romanyatskov@gmail.com).

**Yatskov Roman Vladimirovich**, Post graduate student of Bryansk State Technical University, System Operator (Supervisor) of Power System of Transdnistran Moldova Republic at SUP "Dnestrenergo", e-mail: [romanyatskov@gmail.com](mailto:romanyatskov@gmail.com).