

УДК 303.448

## СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПЕРАТОРОВ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЫСОКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Н.В. ПУШКАРЕВА<sup>1</sup>, В.А. ГУЩО<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Военная академия Республики Беларусь, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 1 сентября 2017

**Аннотация.** Проанализированы аналитические методы и диагностические устройства, применяемые для оценки психофизиологических показателей операторов иерархических систем высокой ответственности. Предложено проводить диагностику психофизиологического состояния операторов, находящихся на разных уровнях взаимодействия, с помощью комбинированной системы слежения. Иерархическая система группового слежения выполнена на базе следящих систем непрерывного действия и управляется несколькими операторами.

**Ключевые слова:** психофизиологическое состояние, профессиональные качества, комбинированная система слежения, иерархическая система группового слежения.

**Abstract.** The analytical methods and the diagnostic devices used for evaluating the psychophysiological indices of the operators of the hierarchical systems of the high responsibility are analyzed. It is proposed to carry out diagnostics of the psychophysiological state of operators, which are located on the different levels of interaction, with the aid of the combined system of tracking.

**Keywords** physiological status, professional quality, combination tracking system, a hierarchical system of group tracking.

**Doklady BGUIR. 2017, Vol. 108, No. 6, pp. 82-88**

**Means of diagnostics of the psychophysiological indices of the operators  
of the hierarchical systems of the high responsibility in the extreme situations**

**N.V. Pushkareva, V.A. Gushcho**

### Введение

Профессиональная деятельность как вид трудовой деятельности представляет с физиологической стороны функцию человеческого организма. Каждая такая функция, каково бы ни было ее содержание и форма, предполагает трату ресурсов человеческого мозга, нервов, мускулов, органов чувств и т. д. Процессы профессионального становления и управления профессиональной деятельностью персонала требуют специальных знаний и умений в области выявления психофизиологических механизмов оптимального обеспечения трудовых функций. Это делает возможным своевременно определить степень профессиональной пригодности человека к конкретному виду деятельности посредством всестороннего изучения его личности, а также уровня соответствия психофизиологических показателей операторов предъявляемым профессиональным требованиям. Для изучения и контроля психофизиологических особенностей индивида в настоящее время привлекаются технические средства (ЭВМ).

## **Аналитические методы диагностики психофизиологических показателей операторов иерархических систем высокой ответственности**

Диагностика должна позволять на ранних стадиях отслеживать отклонение психофизиологического состояния операторов расчетов сложных систем управления от нормы. Функциональные резервы человека в экстремальных условиях профессиональной деятельности представляются в виде системы, объединяющей психофизиологические резервы, резервы вегетативных функций и резервные возможности регуляторных систем организма. Количественная оценка функциональных резервов организма определяется тем, насколько их уровень и объем обеспечивают эффективность и безопасность труда, т. е., по существу, рассматриваются функциональные резервы профессиональной работоспособности [1]. Это требует применения адекватных методов и аппаратного обеспечения.

Экстремальные нагрузки в процессе осуществления профессиональной деятельности испытывают наряду с сотрудниками спецподразделений силовых ведомств и лица других категорий, в том числе и операторы расчетов систем высокой ответственности в экстремальных условиях. Нагрузки, испытываемые этой категорией лиц, имеют ряд специфических особенностей, к которым можно отнести следующие: высокое нервно-эмоциональное напряжение; ненормированная продолжительность рабочего дня; необычная пространственная ориентировка лиц операторского труда, включающая в себя длительный контроль за объектами на экране мониторов (сопровождение целей) и сопутствующая этому гиподинамика; навязанный темп работы; частая невозможность нормального восстановления физиологических функций при необходимости продолжения работы [2].

Психическая способность лиц экстремальных профессий к выполнению поставленных задач является залогом их успешного выполнения. Для того чтобы понять, насколько психологически готов военный служащий или оператор расчета систем высокой ответственности к выполнению поставленной задачи, необходимо изучить различные стороны их психологической деятельности в динамике учебно-тренировочного процесса [3].

Современное оборудование достоверно определяет даже малейшие сдвиги в анатомии и физиологии различных тканей организма. Однако обследование такими методами, как ультразвуковое исследование, компьютерная томография, позитронно-эмиссионная томография и т. д., зачастую бывает дорогостоящим, громоздким и требует работы квалифицированных специалистов с медицинским образованием. Таким образом, при работе с лицами экстремальных видов деятельности требуется внедрение в практику работы новых методов и устройств для диагностики психофизиологического состояния (ПФС) человека в ходе выполнения поставленных задач. Необходимо внедрение других высокоточных, доступных для широкого использования и простых в эксплуатации технологий. При всем разнообразии аналитических методов, применяемых в современной медицине, все чаще ставится задача проведения превентивной диагностики [4].

С точки зрения диагностики ПФС характеризуется совокупностью симптомов, а не отдельным симптомом. Ни поведение, ни различные психофизиологические показатели, взятые в отдельности, не могут достоверно дифференцировать одно состояние от другого [5]. Системный подход при диагностике ПФС позволяет правильно оценивать состояние организма при экстремальных видах деятельности. При обследовании лиц экстремальных профессий используются несколько десятков самых разнообразных психодиагностических тестов. Существенным недостатком таких обследований является большая продолжительность по времени при небольшом количестве регистрируемых показателей функционирования организма человека с помощью каждого метода в отдельности. Это не позволяет создать целостный психофизиологический портрет оператора в конкретный временной промежуток.

Измерения в «боевых» условиях и в учебно-тренировочной работе требуют кратковременной, нетрудоемкой и информационной процедуры обследований. Подбор таких методик, предназначенных для определения основных свойств центральной нервной системы (ЦНС), позволит создать систему психофизиологического тестирования для определения психофизиологического статуса, а разработка шкал оценок – вести постоянный контроль и осуществлять коррекцию функционального состояния при осуществлении профессиональной деятельности в экстремальных условиях. Например, дифференциально-деятельный подход

представляет систему оценки требуемых психофизиологических параметров для кандидатов на работу в качестве операторов систем высокой ответственности с целью недопущения к деятельности лиц, не обладающих требуемыми психическими и физическими ресурсами, недостаток которых может привести к риску [6]. Распределение частот значимости таких психофизиологических профессионально важных качеств в работе операторов иерархических систем группового слежения высокой ответственности представлено на рис. 1.

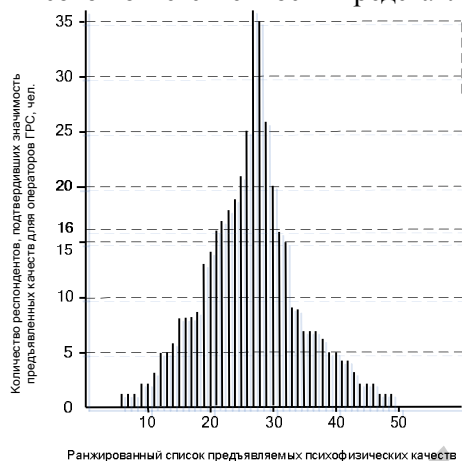


Рис. 1. Распределение частот значимости психофизиологических профессионально важных качеств в работе операторов иерархических систем управления высокой ответственности

К наиболее высоко значимым профессиональным качествам (отметили более 25 респондентов из 58) относятся: 1 – скорость реагирования; 2 – оценка ошибок в работе по слежению за меняющимися сигналами; 3 – безошибочность деятельности под влиянием внешних раздражителей; 4 – избирательность внимания. К значимым профессиональным качествам (отметили более 16 респондентов из 58) относятся: 5 – произвольность и переключаемость внимания; 6 – возможность представления в сознании динамического процесса; 7 – умение принимать решения вне определенной обстановки; 8 – степень принятия ответственности за собственные решения.

К профессионально важным качествам (отметили более 15 респондентов из 58) относятся: 9 – возможности оперативно-динамического компонента памяти; 10 – умение выбирать главное в предъявленных условиях; 11 – степень умственного утомления; 12 – гибкость и эффективность переключения на решение промежуточных задач.

Всякая групповая деятельность, особенно операторская, протекает в условиях обратных связей. В этой взаимосвязанной деятельности любая акция одного члена группы вызывает «возмущение» в деятельности других, вынужденных соотносываться с ней. Это взаимодействие определяется характером личной деятельности каждого члена группы, индивидуальную тактику поведения которых можно оценить, анализируя ход протекания общего взаимодействия. При этом появляются возможности по отбору операторов расчетов, с учетом воздействия отдельных техногенных факторов на биологические (психофизиологические) факторы каждого члена группы. Системы, в которых операторы находятся на одном уровне иерархии, основаны на принципе гомеостата [7]. Согласно взаимным перекрестным связям в системе (рис. 2) действия каждого оператора влияют на ход работы всех остальных членов группы.

Передвигая потенциометром Р стрелку своего индикатора И, каждый оператор вмешивается в ход работы остальных членов группы. На каждом из отдельных пультов для операторов имеется рукоятка потенциометра, повороты которой передаются через усилительное звено на свой же индикатор, вызывая его повороты с определенным коэффициентом  $K_0$  (+1, 0). По перекрестным путям этот же поворот ручки, увеличенный в величину  $K_B$ , передается и на смежные индикаторы.

Степень взаимной связи операторов  $K$  называется коэффициентом взаимной связи или коэффициентом сложности предъявляемых группе задач:  $\frac{K_B}{K_0} = K$ .

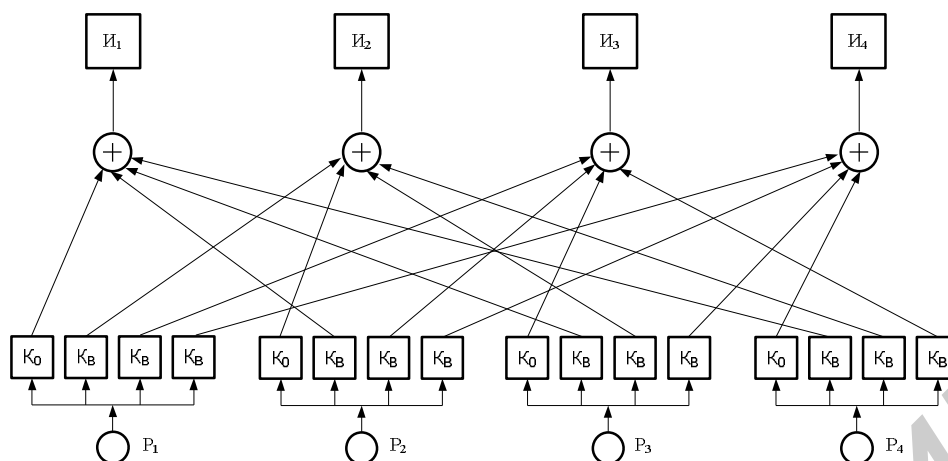


Рис. 2. Схема взаимосвязей в аппарате «Гомеостат»:  $И_{1,2,3,4}$  – индикаторы индивидуальных пультов операторов;  $P_{1,2,3,4}$  – рукоятки потенциометров индивидуальных пультов операторов;  $K$  – коэффициенты взаимодействия

Чем больше коэффициент сложности отличается от нуля, тем сильнее каждый оператор влияет на условия работы остальных. Гомеостатическая методика позволяет не только отбирать, но и производить предварительную подготовку и обучение операторов. Само гомеостатическое устройство представляет собой систему слежения высокой ответственности, в которой операторы находятся на одном уровне иерархии, и применяется в качестве диагностического средства.

#### Диагностические устройства оценки психофизиологических показателей операторов иерархических систем группового слежения

Системы группового слежения высокой ответственности включают в свой состав операторов, работающих не только на одном уровне иерархии. Повышение точности сопровождения в них основано на идее одновременной параллельной работы двух, а в общем случае и большего числа операторов. Такие системы представляют собой иерархические системы группового слежения (ИСГС) – это многоуровневые системы, включающие в свой состав нескольких операторов слежения. В ИСГС каждый оператор нижнего уровня включен в контур управления оператора верхнего уровня (более высокого). Под управлением понимается комплектование групп операторов и эргономическое обеспечение качества их работы. Для комплектования групп необходимо произвести подбор операторов, предрасположенных по своим психофизиологическим параметрам к групповой деятельности. В качестве диагностического устройства для подбора операторов предлагается дополнительно с гомеостатической системой использовать также ИСГС. В качестве диагностического устройства на основе ИСГС рассмотрим схемы Г. Татевосяна и А. Мелешева [8].

Для повышения точности и быстродействия систем слежения за целью, управляемых человеком, Г. Татевосяном предложено использование комбинированной схемы (рис. 3, а), управляемой одновременно двумя операторами. Улучшение эффективности достигается при этом за счет того, что трудная для человека операция точного слежения заменяется двумя простейшими операциями: синхронизацией движения одного из двух визиров с движением цели и наведением второго визира на почти неподвижную цель.

В отличие от визира, предназначенного для двухкоординатного слежения, визир для синхронизации снабжен не перекрестьем, а прямоугольной сеткой. Выполняя синхронизацию, оператор не обязан удерживать перекрестие визира на движущейся цели. Его задачей является ликвидация перемещения цели относительно сетки. Когда за счет разности скоростей цели и сетки образуется видимое смещение цели, оператор должен так подрегулировать скорость сетки, чтобы цель остановилась относительно сетки. Он освобождается от необходимости вернуть цель в положение, в котором она находилась раньше.

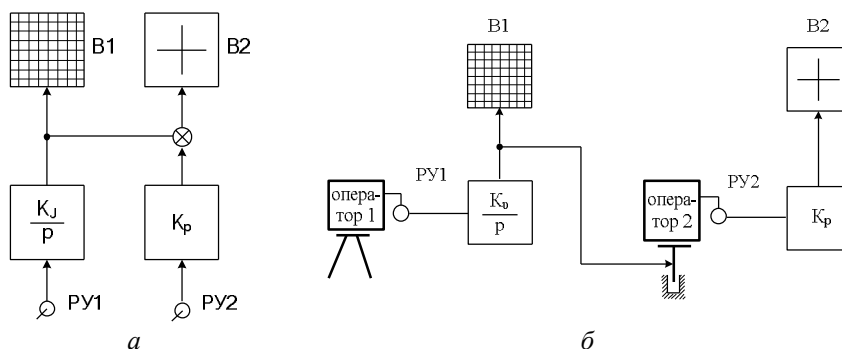


Рис. 3. Комбинированная схема (Г. Татевосяна), управляемая одновременно двумя операторами (а) и комбинированная система слежения, управляемая одновременно двумя операторами (б)

Первый из операторов синхронизирует движение своего визира В1 с движением цели рукояткой управления РУ1. Этот визир снабжен сеткой. Между рукояткой и визиром имеется интегрирующее звено, обладающее коэффициентом усиления  $K_v$ . Выходной вал интегратора через сумматор приводит в движение также и визир второго оператора В2. Вторым из операторов, воздействуя на рукоятку РУ2, вводит через усилительное звено  $K_p$  поправки в положение своего визира. Таким образом, первый оператор почти останавливает цель в поле зрения второго, которому остается только возвращать время от времени перекрестие своего визира на цель. Цель смещается с перекрестия за счет не вполне точной синхронизации. В этой схеме визир второго оператора поворачивается вслед за целью, и оператор вынужден сопровождать визир поворотом головы. Возможен вариант схемы, освобождающий оператора от движения головой (рис. 3, б). Рабочее кресло второго оператора вместе с рукоятками РУ2 и визиром В2 размещается на поворотной платформе. Первый оператор синхронизирует вращение платформы с движением цели.

Как вывод можно отметить, что применение схемы Г. Татевосяна, представляющей собой комбинированную схему с использованием операции синхронизации (ИСГС), в качестве диагностирующего устройства не является эффективным. Индивидуальная тактика операторского поведения при сопровождении цели не будет ярко выраженной, позволяющей производить оценку достигнутого эффекта взаимодействия и определения наиболее характерного уровня взаимодействия в группе.

Иерархическая система группового слежения, выполненная на базе следящих систем непрерывного действия, предложенная А. Мелешевым, содержит две идентичные системы ручного слежения (рис. 4).

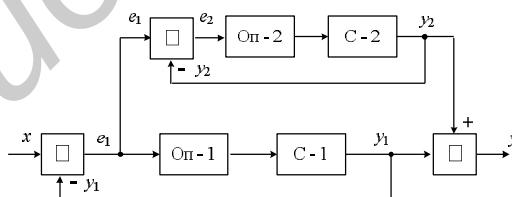


Рис. 4. Структурная схема иерархической системы группового слежения

Человек-оператор Оп-1 следит за входным сигналом  $x$  при помощи системы С-1. Его частная ошибка сопровождения

$$e_1 = x - y_1, \quad (1)$$

где  $y_1$  – выходная величина первой системы слежения. Верхней системой С-2 управляет оператор Оп-2. Для него входным сигналом является ошибка  $e_1$ . На дисплей второго оператора, поступает разность между ошибкой сопровождения первого оператора и выходной величиной  $y_2$  верхней системы. Следовательно, частная ошибка слежения второго оператора  $e_2$  равна

$$e_2 = e_1 - y_2. \quad (2)$$

Выходная величина объединенной схемы ИСГС представляет собой сумму выходных величин подсистем:

$$y = y_1 + y_2. \quad (3)$$

Ошибка слежения  $e$  объединенной системы по определению равна

$$e = x - y. \quad (4)$$

Исключив  $e_1$  из (1) и (2), находим

$$e_2 = x - y_1 - y_2 = x - (y_1 + y_2). \quad (5)$$

Исключив сумму  $(y_1 + y_2)$  из (3) и (5), получим

$$e_2 = x - y. \quad (6)$$

Сравнив (4) и (6), приходим к выводу, что ошибка объединенной системы ИСУ равна ошибке второй подсистемы:

$$e = e_2. \quad (7)$$

Из этого равенства еще не следует, что действия первого оператора никак не влияют на эффективность совместной работы двух операторов. Ошибка первого оператора в явном виде не входит в окончательную ошибку ИСГС, но она важна, так как существенно влияет на точность действий второго оператора, для которого она является входным сигналом. В ИСГС, выполненной на базе следящих систем непрерывного действия, например, систем автоматического сопровождения по дальности (рис. 5), вторая система слежения измеряет ошибку первой и компенсирует ее в выходном сигнале основной системы со своей точностью.

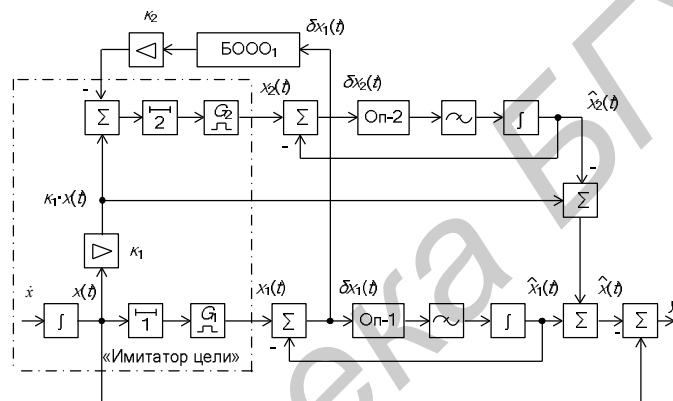


Рис. 5. Иерархическая система группового слежения на основе следящих систем непрерывного действия

Оператор 2, являясь подчиненным оператором, сопровождает сигнал от цели и компенсирует ошибку сопровождения этой цели оператором 1. Каждый из операторов видит сигнал от цели на экране (например, своего осциллографа) и сопровождает его стробами сопровождения. «Имитатор цели» формирует цель 2, закон движения которой соответствует закону движения цели 1 и включает в себя ошибку сопровождения цели оператором 1. Ошибка сопровождения  $\delta x_1(t)$  первого оператора представляет собой на экране (осциллографа) расстояние между центром отметки сигнала от цели и стыком стробов сопровождения. Она измеряется оператором I визуально (мм). Эту ошибку необходимо передать на экран осциллографа подчиненного оператора. Для этого необходимо ее измерить, преобразовать и передать на экран в виде сдвига по дальности отметки сигнала, задаваемого «Имитатором цели». Эти операции производятся в блоке оценки ошибки первого оператора (БООО<sub>1</sub>).

### Заключение

Разработано диагностическое устройство в виде иерархической системы группового слежения (рис. 5) на основе следящих систем непрерывного действия. «Имитатор цели» ИСГС может задавать различные законы движения цели, позволяющие производить дополнительно как обучение операторов, так и контроль их подготовленности к выполнению поставленных задач. Научная новизна результатов – для подбора и комплектования систем высокой ответственности (боевых расчетов) сложных технических объектов операторами, предрасположенными к групповой деятельности, оценки их ПФС, а также их тренировки предлагается применять разработанную схему ИСГС в качестве диагностирующего средства.

Практическая значимость – разработана схема ИСГС, которую можно применить в диагностической аппаратуре для оценки ПФС операторов, формирования группы операторов

(боевого расчета), предрасположенных к групповой деятельности, а также для повышения точности работы следящих систем высокой ответственности за счет эргономического фактора (человека).

### Список литературы

1. Боброва Н.Л., Герман О.В. Психофизиологические показатели организма человека в процессе физического, спортивного совершенствования и деятельности в экстремальных условиях. Минск: Бестпринт, 2015. 124 с.
2. Бодров В.А. Проблемы утомления летного состава (понятия, причины, классификация) // Физиология человека. 1986. № 5. С. 835–844.
3. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. СПб.: Питер, 2003. 384 с.
4. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
5. Динамика личностной и реактивной тревожности у летного состава корабельной авиации / А.А. Михайленко [и др.] // Совершенствование форм и методов медицинского контроля за функциональным состоянием и работоспособностью летного состава. Л.: ВМедА, 1990. С. 36.
6. Бояркин М.А., Шапцев В.А. Об одном из подходов к решению проблемы «человеческого фактора» на объектах нефтегазового комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipdn.ru/rics/doc0/DB/b3/3-boya.html>. – Дата доступа: 01.09.2017.
7. Замалетдинов И.С. Использование аппарата «Гомеостат» как тренажного средства повышения группового взаимодействия // Сб. научных трудов «Психологические проблемы подготовки специалистов с использованием тренажных средств». М., 1988. С. 142.
8. Цыбулевский И.Е. Человек как звено следящей системы. М.: Наука, 1981, 288 с.

### References

1. Bobrova N.L., German O.V. Psihofiziologicheskie pokazateli organizma cheloveka v processe fizicheskogo, sportivnogo sovershenstvovaniya i dejatel'nosti v jekstremal'nyh usloviyah. Minsk: Bestprint, 2015. 124 s. (in Russ.)
2. Bodrov V.A. Problemy utomleniya letnogo sostava (ponjatija, prichiny, klassifikacija) // Fiziologija cheloveka. 1986. № 5. S. 835–844. (in Russ.)
3. Il'in E.P. Psihomotornaja organizacija cheloveka. SPb.: Piter, 2003. 384 s. (in Russ.)
4. Anohin P.K. Biologija i nejrofiziologija uslovnogo refleksa. M.: Medicina, 1968. 547 s. (in Russ.)
5. Dinamika lichnostnoj i reaktivnoj trevozhnosti u letnogo sostava korabel'noj aviacii / A.A. Mihajlenko [i dr.] // Sovershenstvovanie form i metodov medicinskogo kontrolja za funkcional'nym sostojaniem i rabotosposobnost'ju letnogo sostava. L.: VMedA, 1990. S. 36. (in Russ.)
6. Bojarkin M.A., Shapcev V.A. Ob odnom iz podhodov k resheniju problemy «chelovecheskogo faktora» na ob'ektah neftegazovogo kompleksa [Electronic data]. – Access mode: <http://www.ipdn.ru/rics/doc0/DB/b3/3-boya.html>. – Date of access: 01.09.2017. (in Russ.)
7. Zamaletdinov I.S. Ispol'zovanie apparata «Gomeostat» kak trenazhnogo sredstva povysheniya gruppovogo vzaimodejstvija // Sb. nauchnyh trudov «Psihologicheskie problemy podgotovki specialistov s ispol'zovaniem trenazhnyh sredstv». M., 1988. S. 142. (in Russ.)
9. Cybulevskij I.E. Chelovek kak zveno sledjashhej sistemy. M.: Nauka, 1981, 288 s. (in Russ.)

### Сведения об авторах

Гушо В.А., доцент, доцент кафедры электротехники и систем электропитания Военной академии Республики Беларусь.

Пушкарева Н.В., инженер кафедры связи Военной академии Республики Беларусь.

### Information about the authors

Guscho V.A., associate professor, associate professor of the department of electrical and power systems of the Military academy of the Republic of Belarus.

Pushkareva N.V., engineer of the communication department of the Military academy of the Republic of Belarus.

### Адрес для корреспонденции

220057, Республика Беларусь,  
г. Минск, пр. Независимости, д. 220,  
Военная академия Республики Беларусь  
тел. +375-29-561-92-51;  
e-mail: v.guscho@gmail.com  
Гушо Владимир Августинович

### Address for correspondence

220057, Republic of Belarus,  
Minsk, Nezavisimosty ave., 220,  
Military academy of Republic of Belarus  
tel. +375-29-561-92-51;  
e-mail: v.guscho@gmail.com  
Guscho Vladimir Avgustinovich