

Издается с ноября 2016 года

«ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР»

Научный журнал

№3(21) 2021 год

Содержание журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» №3(21)		Contents of the journal "MILITARY ENGINEER" №3(21)	
Содержание	1	Contents	
Редакционная коллегия	2	Editorial Board	
Проектирование, строительство и реконструкция объектов военного назначения	3	Design, construction and reconstruction of military facilities	
Коновалов В.Б., Жогликов О.В., Дубинин С.В., Саркисов С.В.	3	Konovalev V.B., Zhoglikov O.V., Dubinin S.V., Sarkisov S.V.	
Применение аппаратных спектров для анализа процессов обучения «Оператор-Процесс обучения»	13	Application of hardware spectra for the analysis of learning processes «Operator-Learning Process»	
Сайданов В.О., Живулько С.А.	13	Saidanov V.O., Zhivulko S.A.	
Разработка источников электрической энергии межвидового назначения на основе электрохимических генераторов для обеспечения воинских формирований материально-технического обеспечения ВС РФ	20	Development of interspecific electrical energy sources based on electrochemical generators to provide military formations with material and technical support of the Armed Forces of the Russian Federation	
Белый О.Ю.	20	Belyi O. Yu.	
Разработка системы оптимального распределённого электроснабжения	28	Development of the system of optimal distributed power supply system	
Абсальямов Д.Р., Левчук А.А., Хальметов Р.Р.	28	Absalyamov D.R., Levchuk A.A., Halmetov R.R.	
Этапы проектирования и эксплуатации асинхронных дизель-генераторов для автономных систем электроснабжения специальных технических систем	36	Stages of design and operation of asynchronous diesel generators for autonomous power supply systems of special technical systems	
Беляев М.А., Павленок А.М., Александров С.В.	36	Belyaev M.A., Pavlenok A.M., Alexandrov S.V.	
Способ коррекции динамических свойств объектов управления, заданных моделью «вход-выход»	43	A method for correcting the dynamic properties of control objects specified by the input-output model	
Евдокимов В.И., Дубинин С.Г., Захаров В.И.	43	Evdokimov V.I., Dubinin S.G., Zaharov V.I.	
Научная постановка задачи обоснования рационального состава средств защиты военной автомобильной техники от обнаружения и поражения	49	Scientific statement of the problem of substantiating the rational composition of the means of protection of military vehicles from detection and destruction	
Кащеев Р.Л. Казаков Н.П., Лопатин Н.В.	49	Kascheev R.L. Kazakov N.P., Lopatin N.V.	
Система контроля движения транспортных средств при перевозке твердых коммунальных отходов	55	Control system for the movement of vehicles during the transportation of municipal solid waste	
Теория воинского обучения и воспитания	55	Theory of military training and education	
Булат Р.Е., Лебедев А.Ю.	55	Bulat R.E.; Lebedev A.Yu.	
Формирование психологического компонента боевой подготовки личного состава караулов с применением дистанционных образовательных технологий	64	Formation of psychological component of combat training of guard personnel using remote educational technologies	
Борисов А.А., Вакуненко В.А.	64	Borisov A.A., Vakunenkov V.A.	
К вопросу о влиянии физических нагрузок аэробной направленности на продолжительность активной жизнедеятельности человека	71	To the question of the influence of aerobic physical activity on the duration of active human activity	
Спирин А. П.	71	Spirin A. P.	
Формирование у курсантов военных вузов российской национальной идентичности как профессиональной ценности: результаты исследования	79	Formation of the attitude of military university cadets to the Russian national identity as a professional value: research results	
Пашкин С. Б., Саркисова Е. А., Волкова А.В.	79	Pashkin S.B., Sarkisova E.A., Volkova A.V.	
Результаты экспериментального исследования адаптационного потенциала военнослужащих	88	Results of an experimental study of the adaptive potential of military services	
Остроумова Ю. С.	88	Ostroumova Yu. S.	
Суть требований системной инженерии к технологии проектирования локальной системы обучения военного вуза	93	The essence of the requirements of system engineering for the technology of designing a local training system of a military university	
Сведения об авторах	93	Information about the authors	

Главный редактор журнала – Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

Коновалов Владимир Борисович, доктор экономических наук профессор;

Заместитель председателя редакционной коллегии

Кашеев Роман Леонидович, кандидат технических наук доцент;

Члены редакционной коллегии

Аверьянов Владимир Константинович, доктор технических наук проф., член-корр. РААСН, заслуженный деятель науки РФ;

Бирюков Александр Николаевич, доктор технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ;

Борисов Алексей Александрович, кандидат технических наук профессор;

Бондарев Алексей Валентинович, доктор технических наук;

Ваучский Михаил Николаевич, доктор технических наук профессор;

Гуков Дмитрий Васильевич, доктор технических наук профессор;

Даутова Ольга Борисовна, доктор педагогических наук профессор;

Дружинин Пётр Владимирович, доктор технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ;

Ивахнюк Григорий Константинович, доктор химических наук профессор;

Игнатчик Виктор Сергеевич, доктор технических наук профессор;

Казаков Юрий Николаевич, доктор технических наук профессор;

Крисковец Татьяна Николаевна, доктор педагогических наук доцент;

Курмышов Василий Михайлович, доктор исторических наук доцент;

Маляров Валерий Николаевич, доктор исторических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ;

Макаров Александр Данилович, доктор технических наук, доктор юридических наук, профессор, академик МАНЭБ, АВН, НОАН, АПВЭиФ, заслуженный деятель науки и образования;

Печников Андрей Николаевич, доктор технических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный деятель техники Российской Федерации;

Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук профессор;

Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук доцент;

Смирнов Александр Васильевич, доктор технических наук профессор;

Таранцев Александр Алексеевич, доктор технических наук профессор, засл. работник высш. шк. РФ;

Третьяков Юрий Александрович, доктор военных наук профессор;

Фоминич Эдуард Николаевич, доктор технических наук профессор;

Фёдоров Александр Борисович, доктор технических наук доцент;

Чернобай Михаил Петрович, кандидат педагогических наук профессор, засл. работник физич. культуры РФ;

Черимисин Суад Зухер, доктор физико-математических наук профессор;

Путилин Павел Александрович, кандидат технических наук.

Учредитель и издатель научного журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» - Унитарная некоммерческая организация Фонд содействия развитию Военного института (инженерно-технического) «ВИТУ».

Средство массовой информации – журнал «Военный инженер» зарегистрировано 15 сентября 2016 года. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77–67057 от 15.09.2016 выдано Федеральным агентством по печати и массовым коммуникациям.

Включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук с 22.12.2020 г.

Электронные версии журнала размещаются на сайте Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru). Журнал включён в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Подписной индекс журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» в ФГУП «Почта России» П4852.

Выпускающий редактор: Путилин П.А.	Сдано в набор 13.09.2021	Бумага типографская
Редактор текстов на английском языке: Путилин П.А.	Подписано в печать 13.09.2021	Печать офсетная
Экспертиза текстов статей на объём заимствований: Зотов А.С.	Формат бумаги 60 x 90 1/8	Заказ № 3241.
Дизайн обложки: Сорокин А.А.		Тираж 300 экз.
Вёрстка: Путилин П.А.		Цена договорная

Почтовый адрес редакции журнала «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР»: 191123, г. Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д.22, оф.716, e-mail: me_journal@mail.ru, страница журнала на сайте: http://viit.spb.ru/military_engineer/

Журнал «ВОЕННЫЙ ИНЖЕНЕР» 2021, №3 (№21)

УДК 355.5, 004.51, 004.52, 004.55

В.Б. Коновалов, О.В. Жогликов, С.В. Дубинин, С.В. Саркисов

V.B. Konovalov, O.V. Zhoglikov, S.V. Dubinin, S.V. Sarkisov

Применение аппаратных спектров для анализа процессов обучения «Оператор-Процесс обучения»

Application of hardware spectra for the analysis of learning processes «Operator-Learning Process»

Аннотация. В настоящей работе рассмотрен метод контроля состояния системы «Оператор – Процесс», основанный на измерении биоэлектрических потенциалов неинвазивным методом (электроэнцефалография). Метод позволяет по состоянию оператора оценить эффективность учебно-тренировочного средства при выполнении упражнений различной степени сложности. Введены аппаратные спектры, которые позволяют с высокой степенью достоверности оценить методики обучения и тренировок операторов с применением учебных тренировочных средств.

На примере водителей различных уровней подготовки показано применение корреляционного анализа для сравнения состояний операторов с эталонными спектрами для получения результата качества подготовки, а также методического и технического обеспечения процесса обучения.

Abstract. In this paper, a method for monitoring the state of the "Operator – Process" system is considered, based on the measurement of bioelectric potentials by a non-invasive method (electroencephalography). The method allows the operator to assess the effectiveness of the training tool when performing exercises of varying degrees of complexity. Hardware spectra have been introduced, which allow to evaluate with a high degree of reliability the methods of training and training of operators using training training tools.

Using the example of drivers of various training levels, the use of correlation analysis is shown to compare the states of operators with reference spectra to obtain a result of the quality of training, as well as methodological and technical support for the training process.

Ключевые слова: оператор, корреляция, спектр, энцефалограмма.

Keywords: operator, correlation, spectrum, encephalogram.

Введение

Для оценки эффективности учебного процесса практически любой направленности, будь это теоретический курс, или курс с применением учебно-тренировочных средств, целесообразно построить систему «Оператор – Процесс», которая связывает психофизическое состояние специалиста бронетанкового вооружения и техники (БТВТ): «Инструктора» по вождению, «механика-водителя» БТВТ, «курсанта» проходящего обучение, выполняющих упражнение

(задачу) по вождению на УТС (далее именуются как - Операторы) с теоретическим наполнением и аппаратной реализацией технических тренировочных средств.

Если техническое состояние УТС можно косвенно оценить по их конструктивным и электронным параметрам, в случае теоретического обучения можно оценить только методический материал, то для оценки подготовки оператора необходимо определить метод измерения и форму представления психофизического параметра, отвечающего за готовность выполнения заданий оператором по окончанию процесса обучения любого уровня.

Сравнение эффективности различных диагностических методов показывает, что наиболее полезная информация о состоянии оператора содержится в биоэлектрических сигналах, снимаемых с различных участков под кожным покровом или с поверхности тела. Прежде всего, это относится к электрическому полю головного мозга, электрической активности сердца и электрическим потенциалам мышц. Именно эти важнейшие электрофизиологические процессы требуют особого внимания для решения конкретных задач при анализе состояния оператора в процессе обучения [1].

Развитие электрофизиологических методов диагностики требует совершенствования традиционных и создания новых методик исследования. Эти аспекты связаны с биологическим обоснованием метода, его технической реализации, методами математической обработки биоэлектрического сигнала и конструктивным оформлением приборной части [1, 3].

Регистрация сигналов ЭЭГ

Так как возникает необходимость качественной оценки состояния механика-водителя, степени его готовности к виртуальному и физическому восприятию учебного процесса, то к наиболее эффективному методу оценивания следует отнести метод электроэнцефалографии (ЭЭГ) [3, 5], снимаемой по международному стандарту – не менее 19 - 21 каналов регистрации (рисунок 1).

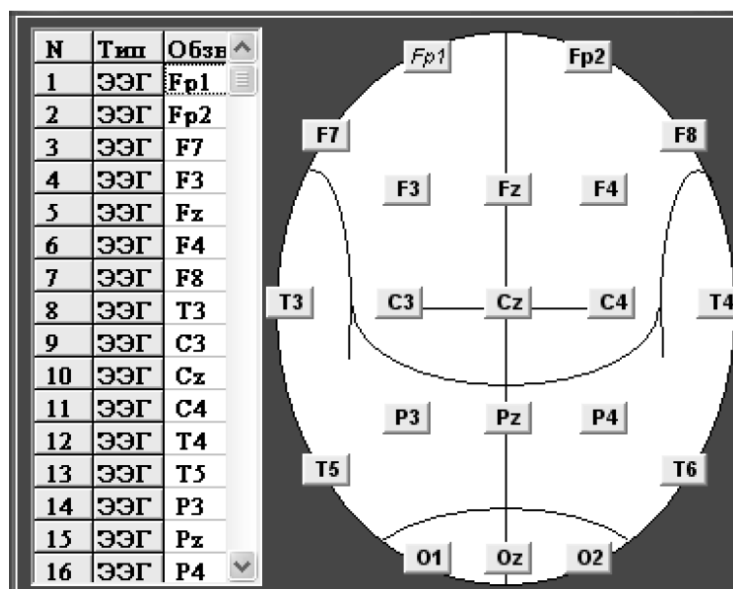


Рис. 1 – Международная система расположения электродов ЭЭГ

При регистрации биопотенциалов мозга применяются как униполярные, так и биполярные отведения. В качестве индифферентной точки для униполярных отведений используется обычно мочка уха [3, 5]. При униполярном отведении ушной электрод является общим - референтным для всех каналов. Применяются также отведения по отношению к усредненному потенциалу,

который формируется путем соединения всех электродов через резистивную суммирующую схему (рисунок 2) [1, 5].

При съеме биоэлектрических сигналов возникает комплекс помех и искажений, обусловленных различными причинами. Наибольшее влияние во всех без исключения исследованиях оказывают следующие виды помех:

- эффект поляризации электродов, приводящий к смещению нулевого уровня сигнала;
- квазигармонический процесс, представленный составляющими наводки напряжения промышленной частоты;
- артефакты смещения электродов, создающие выбросы случайной амплитуды и длительности;
- электрофизиологические помехи [5, 6].

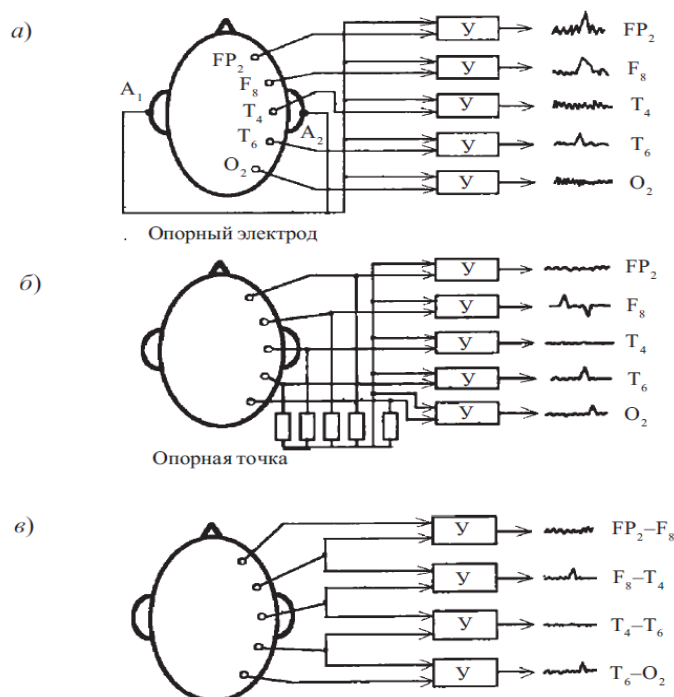


Рис. 2 – Отведения при съеме ЭЭГ: а – униполярный с опорным электродом, б - униполярный с опорной объединенной точкой, в – биполярный [5, 6]

Алгоритмы обработки результатов измерений

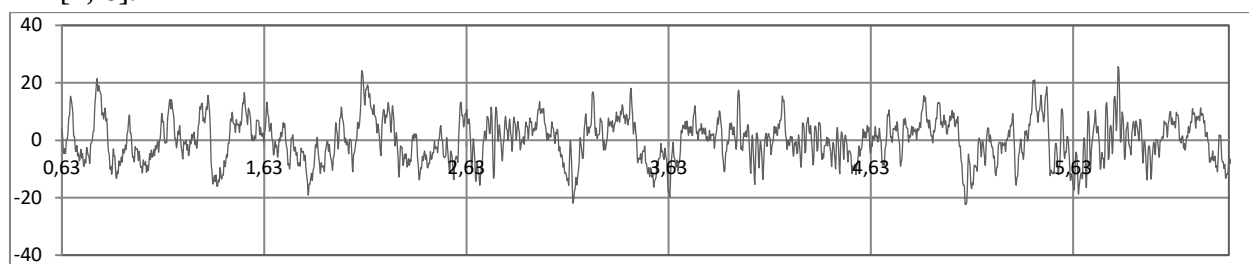
Разработка алгоритмов обработки результатов измерений, формирование маркеров состояния оператора на основании биоэлектрических сигналов позволяют стабилизировать процесс оценки эффективности методов, лежащих в основе процесса обучения. Соответственно, методики первичных преобразований исходного сигнала требуют применения методов, которые способны учитывать влияние аппаратных шумов и помех психофизической и физиологической природы.

Первичные преобразования

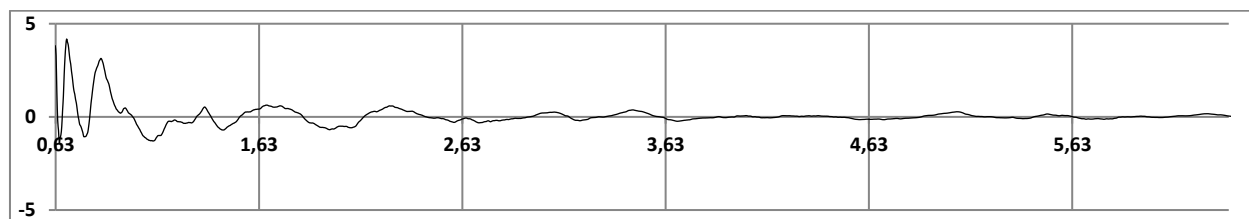
Так как ЭЭГ-сигнал представляет знакопеременный временной ряд, среднее значение которого стремится к нулю, то необходимо провести преобразования, переводящие значения ряда в область R^2 , выявляя при этом скрытые информационные структуры (рисунок 3).

Первичные преобразования проводятся алгоритму расчета I и II статистического момента в масштабе реального времени. Текущее среднее в каждой точке исходных измерений

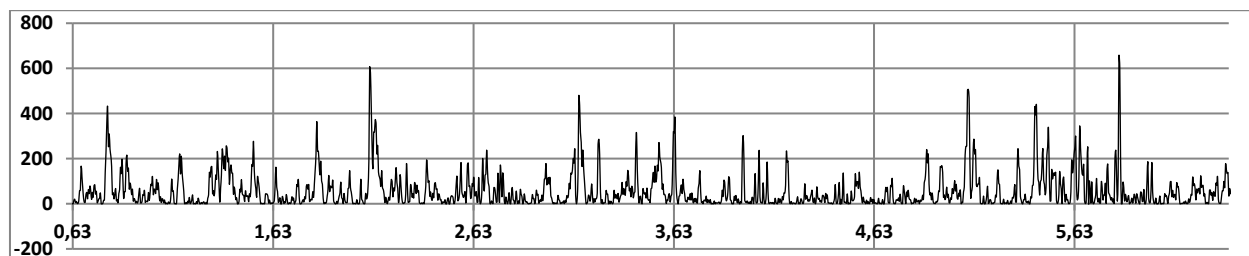
рассчитывается как $\langle U(t) \rangle = \frac{1}{t} \sum_{t=1}^T U(t)$, где t – текущее время, T – полное время измерений, $t \in R^2 [2, 6]$.



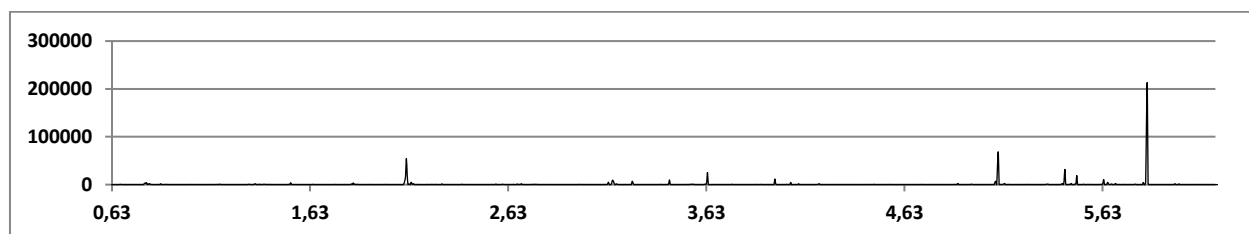
Исходный сигнал



I статистический момент



II статистический момент



Свертка II статистического момента и его полного дифференциала

Рисунок 3 – Сравнение исходного сигнала и сигналов после статистических преобразований (по шкале абсцисс – время измерений, с)

Соответственно, полная дисперсия рассчитывается как $Z(t) = [U(t) - \langle U(t) \rangle]^2$. Рассчитанные значения текущего среднего и полной дисперсии однозначно определяют распределение Гаусса в каждой точке: $f(U) = \frac{1}{2\pi\sqrt{Z}} e^{-\frac{(U-\langle U \rangle)^2}{2Z}}$.

Производная свертки определяет изменения спектральной составляющей во времени и позволяет связать Z -преобразованный сигнал (момент второго порядка) с кинетикой и динамикой изменения сигнала. Производная свертки определяется как $ZdZ^2 + Zd^2Z$, или $Z[(dZ)^2 + d^2Z]$.

Метод парной корреляции

Коэффициенты парной корреляции рассчитываются по измеренным спектрам, например, $x(t)$ и $y(t)$ за время T : $R_{cor}(\tau) = \lim_{\tau \rightarrow T} \frac{1}{T} \int x(t)y(t)dt$.

В случае дискретных спектров целесообразно использовать нормированную кроссковариационную функцию, которая рассчитывается как: $r = \frac{\sum (x_i - \langle x \rangle) \times (y_i - \langle y \rangle)}{\sqrt{\sum (x_i - \langle x \rangle)^2} \sqrt{\sum (y_i - \langle y \rangle)^2}}$.

Достоверность нормированного коэффициента корреляции рассчитывается по формуле: $r_{\pm} = \frac{e^{2z} - 1}{e^{2z} + 1}$, где $z = \pm \frac{1,96}{\sqrt{N-3}}$, где N – размер выборки.

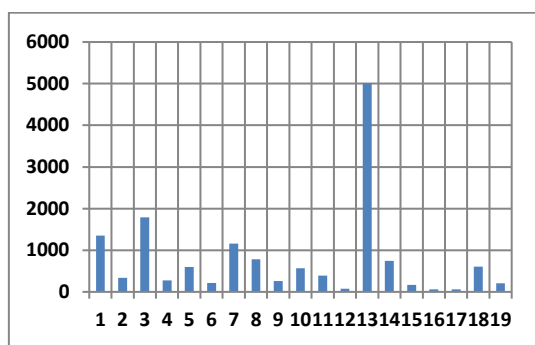
Корреляционная зависимость, определенная для двух или более спектров, включенных в корреляционную матрицу, соответствует характеру связи (силе зависимости) между спектрами [7].

Аппаратный спектр

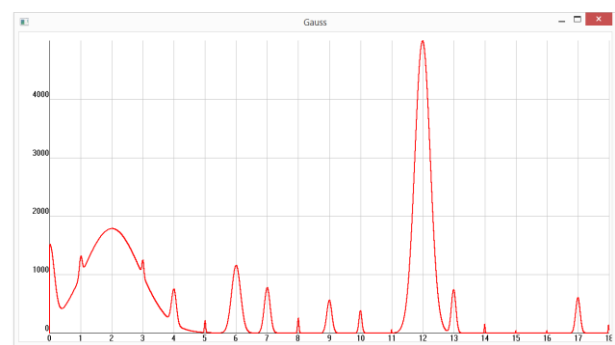
Для формирования комплексного параметра оценивания, определяемого на основе ЭЭГ, формируются спектры, которые представляют собой усредненные амплитуды спектра свертки $S(t)$ по всему промежутку времени измерений. Сформированные спектры представляют зависимости преобразованных значений напряжения (сигнала ЭЭГ) от канала измерений (рисунок 4). То есть, полученный спектр привязан к системе измерительных электродов и является аппаратным отображением текущих сигналов.

Полученные дискретные спектры переводятся в нормальную форму с помощью преобразования: $\frac{[A_i - \langle A_i \rangle]^2}{\langle A_i \rangle^2}$, где A_i – амплитуда спектра по каждому каналу i , равная

$\frac{\sum_{t=0}^T (Z \otimes dZ)^2}{\omega T}$, здесь Z – второй статистический момент, ω – частота дискретизации, T – время экспозиции, t – текущее время измерений [2, 8].



Дискретный спектр по значениям свертки



Непрерывный спектр по значениям свертки

Рисунок 4 – Примеры аппаратных спектров по II статистическому моменту и квадрату свертки $[Z \otimes dZ]$

Из рисунка 4 видно, что аппаратный спектр, построенный для средних значений свертки $S(t)$, позволяет учесть взаимное влияние установленных электродов. Также спектральное представление по $S(t)$ более точно показывает степень взаимного межэлектродного влияния,

кроме того, аппаратный спектр определяет через состояние оператора процесс обучения и более стабилен и воспроизводим.

Спектр обладает свойствами суперпозиции по внутренним (психофизическим) взаимодействиям и полностью соответствует ЭЭГ, определяющей текущее состояние оператора в момент измерений в течение этапа процесса обучения.

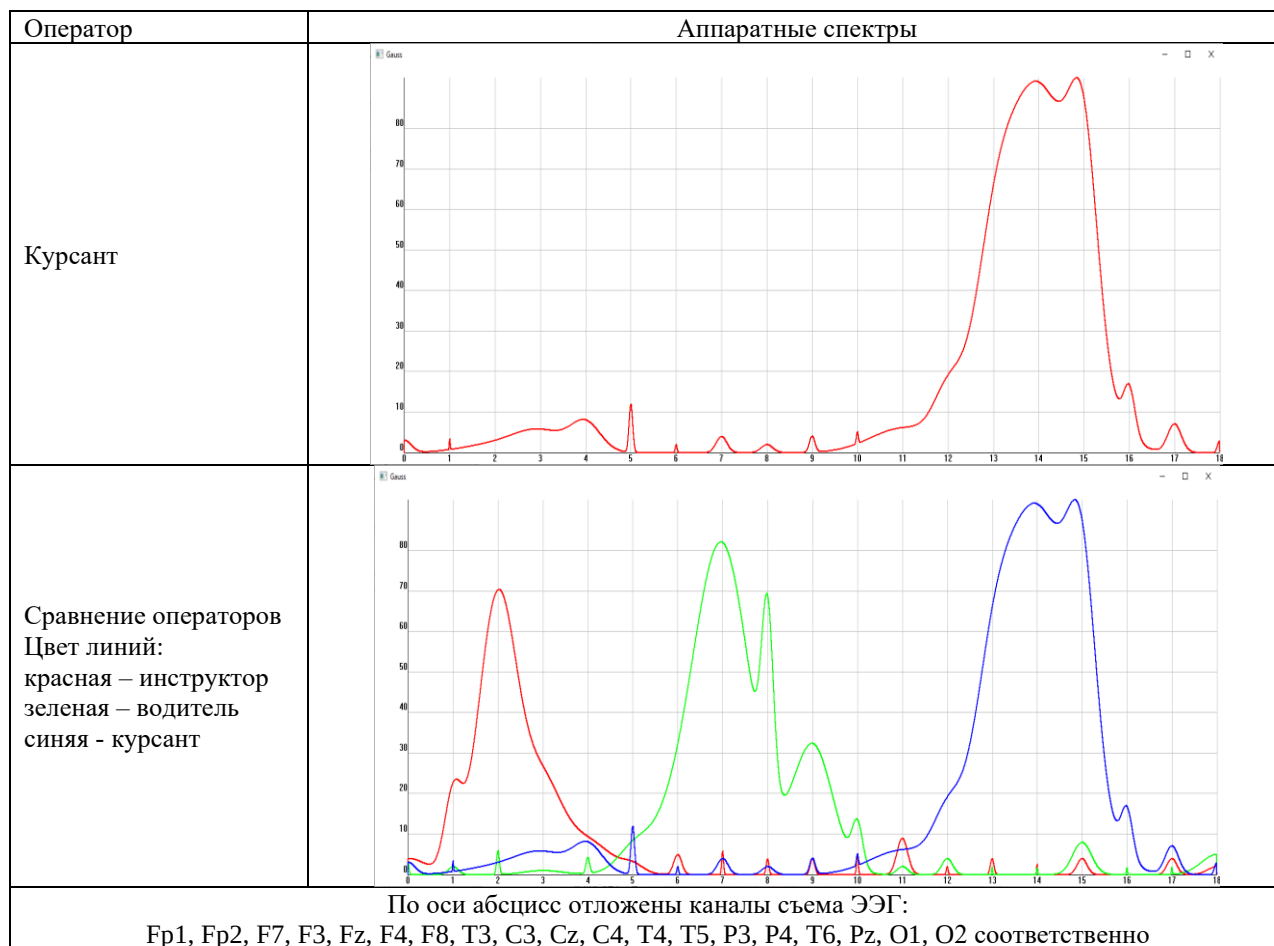
К основному недостатку аппаратных спектров относится их привязка к системе размещения электродов, применяемых для съема ЭЭГ-сигналов, в то же время международные соглашения по установке электродов, позволяют стандартизировать формирование аппаратных спектров по исходным измерениям.

Сравнение спектров операторов разной степени подготовленности

Используя материал базы данных «Сопан», проведено сравнение ЭЭГ и аппаратных спектров водителей - операторов различной степени подготовки. Для этого из базы «Сопан» выбирается ЭЭГ инструктора по вождению (далее - Инструктор), механика-водителя (далее - Водитель) и курсанта, проходящего обучение на тренажере (далее Курсант). Далее проводятся статистические преобразования и рассчитываются средние значения свертки $S(t)$ по каждому каналу. Все операторы выполняют одинаковое упражнение – вход в поворот с одинаковой скоростью движения. В таблице 1 приведены спектры разных операторов, сформированных на основе измерений ЭЭГ.

Таблица 1 – Непрерывные спектры операторов вождения разных классов

Оператор	Аппаратные спектры
Инструктор	
Водитель	



Коэффициенты парной корреляции амплитуд спектров разных операторов приведены в таблице 2. В таблице 3 приведены коэффициенты парной корреляции для дисперсий аппаратных спектров инструктора, водителя и курсанта.

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции амплитуд спектров различных операторов

Оператор	Инструктор	Водитель	Курсант
Инструктор	1		
Водитель	-0,11	1	
Курсант	-0,19	-0,19	1

Таблица 3 - Коэффициенты парной корреляции для дисперсий аппаратных спектров

Оператор	Инструктор	Водитель	Курсант
Инструктор	1		
Водитель	-0,11	1	
Курсант	0,21	-0,36	1

Результаты, приведенные в таблицах 2 и 3, показывают, что спектры операторов существенно различаются, поэтому ЭЭГ инструктора, водителя и курсанта после соответствующей обработки позволяет селективно определить их состояние в процессе выполнения задачи.

Также, как и при выполнении упражнения «Вход в поворот», сняты электроэнцефалограммы при движении по прямому участку пути. После первичной обработки

построены аппаратные спектры для «Инструктора», «Водителя» и «Курсанта» на основе ЭЭГ-измерений. Далее, по полученным спектрам проведен корреляционный анализ для выявления соответствия для различных участников эксперимента.

Целесообразно провести сравнения аппаратных спектров, полученных по ЭЭГ, снятых от реальных операторов, со спектрами базы данных «Сопап» для подтверждения правильности метода, применяемого для оценки состояния операторов. В базе данных «Сопап» содержатся ЭЭГ, характерные для операторов типа «Инструктор», «Водитель» и «Курсант», измеренные на различных скоростях при выполнении упражнений – «Вход в поворот» и «Движение по прямому участку». ЭЭГ, содержащиеся в базе, дополнены измерениями электрокардиограмм и информации от датчиков степени локомоции для каждого оператора [9].

Таблица 4 – Аппаратные спектры операторов при вождении по прямой трассе со средней скоростью

Оператор	Аппаратные спектры
Инструктор	
Водитель	
Курсант	
Сравнение операторов Цвет линий: красная – инструктор зеленая – водитель синяя - курсант	
По оси абсцисс отложены каналы съема ЭЭГ: Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, P4, T6, Pz, O1, O2 соответственно	

Коэффициенты корреляционной зависимости спектров операторов при прямом движении приведены в таблицах 5 и 6 при сравнении амплитуд и дисперсий. Следует отметить, что амплитуды, рассчитанные как средние значения свертки $S(t)$ и дисперсии каждого оператора, позволяют сформировать приведенное значение, характеризующее спектр:

$$P(t) = \frac{(A_{canal} - \langle A_{canal} \rangle)^2}{D_{canal}^2} = \frac{Z_{canal}(t)}{D_{canal}^2}.$$

Таблица 5 - Коэффициенты парной корреляции амплитуд спектров различных операторов

Оператор	Инструктор	Водитель	Курсант
Инструктор	1		
Водитель	0,79	1	
Курсант	0,73	0,71	1

Таблица 6 - Коэффициенты парной корреляции для дисперсий аппаратных спектров

Оператор	Инструктор	Водитель	Курсант
Инструктор	1		
Водитель	0,51	1	
Курсант	0,41	0,51	1

Из таблиц 5 и 6 видно, что спектры операторов практически совпадают – значение коэффициентов корреляции больше 0,7 для амплитуд, для дисперсий – ближе к 0,5. То есть, можно сделать вывод, что при выполнении задачи «движение по прямой трассе со средней скоростью», состояние операторов отличается незначительно, тогда как коэффициенты корреляции по отношению к выполнению задачи «поворот на средней скорости», отличаются существенно.

Это показывает, что применение метода формирования аппаратных спектров ЭЭГ измерений, позволяет контролировать состояние операторов при выполнении эквивалентных задач [10, 11].

Выводы

Предложенный метод обработки ЭЭГ не требует анализа состояния операторов при выполнении задач дополнительных медицинских приемов. Аппаратные спектры позволяют получить некий маркер, характеризующий систему «Оператор – Процесс» достоверно соответствующий текущему состоянию оператора относительно текущему процессу. При этом основу процесса может составлять учебно-тренировочное средство, например, тренажер, соответствующий реально применяемой техники.

Построение аппаратных спектров оправдано международным правилом установки измерительных электродов (рисунок 1). Однако, для проведения сравнения аппаратных спектров, базу данных, содержащую ЭЭГ, необходимо дополнить соответствующими спектрами. Для достоверности сравнения спектров целесообразно в базу данных внести результаты обработки ЭЭГ нескольких, тщательно отобранных операторов. Конечно, это создает ряд проблем для формирования базы, но, учитывая применение готовых информационных структур (например, «Сопак»), проблемы решаются вычислительными методами – разработкой программного обеспечения, в котором реализованы как первичные преобразования, так и алгоритм

формирования аппаратных спектров. Также базовую структуру имеет смысл дополнить алгоритмами корреляционных расчетов – парной и множественной корреляции.

Список литературы:

1. Рангайян Р. М. Анализ биомедицинских сигналов / Пер. с англ. А. П. Калиниченко; под ред. А. П. Немирко. — М.: Физматлит, 2007. — 440 с.
2. Savitzky, Golay, M.J.E. (1964) // «Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures». Analytical Chemistry. 36 (8): 1627–39.
3. Дюк В., Эммануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. — СПб.: Питер, 2003.
4. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов / Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. 411 с.
5. Manilo L. A., Nemirko A. P. Forming the spectral signs when classifying (he electrocardiosignals within the frequency range // Pattern recognition and image analysis. 2005. Vol. 15, № 4. P. 668-671.
6. Sleight P., La Rovere M. T., Mortara A., Pinna G., Maestri R., Leuzzi S., Bianchini B., Tavazzi L., Bernardi L. Physiology and pathophysiology of heart rate and blood pressure variability in humans. Is power spectral analysis largely an index of baroreflex gain // Clinical Science. 1995. V. 88. P. 103-109.
7. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. Учебное пособие для классического университетского образования. М.: ФОРУМ–ИНФРАМ, 2006. 512 с.
8. Кулаичев А.П. Метод анализа корреляционной синхронности ЭЭГ и его возможности. Журн. высш. нерв. деят. 2011. 61(4): 485–498.
9. Сулимов А.В., Марагей Р.А. Изучение ЭЭГ сна как нелинейного динамического процесса: сравнение глобальной корреляционной размерности ЭЭГ человека и мер линейной зависимости между каналами. Журн. высш. нерв. деят. 2003. 53(2): 151–155.
10. Жогликов О.В. Применение аппаратных спектров для контроля эффективности тренировок механика-водителя бронетанкового вооружения и техники / Дубинин С.Г., Саркисов С.В. // Вестник ВА МТО. Ежеквартальный научно-аналитический журнал № 2 (26) 2021. 54-64.
11. Жогликов О.В. Анализ состояния механика-водителя на основе электрокардиограмм / Жогликов О.В., Дубинин С.Г., Черемисин С.З. // «Военный инженер» Научный журнал, № 4 (18) 2020. 13–23.

Разработка источников электрической энергии межвидового назначения на основе электрохимических генераторов для обеспечения воинских формирований материально-технического обеспечения ВС РФ

Development of interspecific electrical energy sources based on electrochemical generators to provide military formations with material and technical support of the Armed Forces of the Russian Federation

Аннотация. Статья посвящена разработке технических предложений по созданию типового ряда источников электрической энергии с электрохимическими генераторами мощностью 1...30 кВт для обеспечения воинских формирований материально-технического обеспечения Вооруженных сил РФ и перспективных объектов вооружения, военной и специальной техники.

Abstract. The article is devoted to the development of technical proposals for the creation of a standard range of electric energy sources with electrochemical generators with a capacity of 1...30 kW to provide military formations with material and technical support of the Armed Forces of the Russian Federation and promising weapons, military and special equipment.

Ключевые слова: топливный элемент, батарея топливных элементов, электрохимический генератор, паровая конверсия дизельного топлива.

Keywords: fuel cell, fuel cell stack, electrochemical generator, steam reforming of diesel fuel.

Одним из видов материально-технического обеспечения (МТО) ВС РФ является коммунально-эксплуатационное обеспечение (КЭО), которое включает, в том числе, снабжение материально-технической базы (МТБ) ВС электрической и тепловой энергией [1]. В состав МТБ ВС РФ, в том числе, входят военные городки (ВГ), гарнизонами которых являются воинские части всех видов и родов ВС РФ, расположенные во всех географических и климатических зонах России. ВГ в большинстве случаев оборудованы централизованными системами энергоснабжения с общими источниками электроэнергии и тепла для всех или нескольких зон. Электроснабжение ВГ осуществляется, как правило, от электросетей районной (государственной) энергосистемы и только при отсутствии такой системы – от специально сооруженной электростанции. Для обеспечения электроснабжения потребителей ВГ в случае отключения централизованных систем используются резервные источники электрической энергии (ИЭЭ), которые эксплуатируют специальные подразделения МТО – отделы и филиалы ФГБУ «ЦЖКУ» МО РФ. В качестве резервных ИЭЭ ВГ МО РФ в силу целого ряда преимуществ в настоящее время используются дизель-электрические агрегаты (ДЭА) и электростанции (ДЭС). Анализ номенклатуры ДЭА и ДЭС, находящихся в эксплуатации подразделений ФГБУ «ЦЖКУ» МО РФ [2], показал, что в диапазоне агрегатных мощностей 1...30 кВт наибольшее распространение получили ИЭЭ на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) Yanmar (Япония), Lombardini (Италия), Deutz (Германия), FG Wilson (Англия). Такое положение объясняется отсутствием современных отечественных ДВС для ДЭА и ДЭС соответствующих

мощностей. Введение с 2014 г. в отношении РФ странами ЕС и США экономических и секторальных санкций фактически лишило указанные ДВС технической поддержки предприятий-изготовителей, поэтому в настоящее время возникают большие затруднения по комплектованию ИЭЭ запасными частями и принадлежностями, сменными узлами и деталями, что существенно снижает надежность резервного электроснабжения потребителей. Следует отметить, что количество таких передвижных ИЭЭ в составе современных мобильных объектов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) ВС РФ наземного базирования в разы больше. Таким образом, данная проблема носит межвидовой характер.

В настоящее время для решения этой проблемы специалистами Центрального научно-исследовательского испытательного института инженерных войск (ЦНИИИ ИВ) МО РФ и Военной академии материально-технического обеспечения (ВА МТО) выполняется межвидовая НИР «Генератор-ИВ», целью которой является разработка тактико-технических требований к ИЭЭ межвидового назначения (МВН) на основе электрохимических генераторов (ЭХГ) для обеспечения перспективных объектов ВВСТ воинских формирований ВС РФ и разработка предложений по их созданию.

В последние годы в стратегиях обеспечения армий ведущих зарубежных стран электрической энергией ключевыми направлениями повышения энергетической безопасности при выполнении боевых задач являются: уменьшение потребления всех видов энергии и горюче-смазочных материалов, увеличение коэффициента полезного действия источников и потребителей электроэнергии, расширение использования нетрадиционных источников электрической энергии, в том числе ЭХГ.

ЭХГ – это энергоустановка, состоящая из одной или нескольких батарей топливных элементов (ТЭ), систем подготовки и подачи топлива и окислителя, отвода продуктов реакции и теплоты, преобразования и коммутации электроэнергии, а также имеющая собственную систему управления. ТЭ – устройство для прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую, существенным преимуществом которого является то, что в отличие от гальванических (первичных) элементов и аккумуляторов электроды в ТЭ в процессе выработки электрической энергии не изменяются, так как химические реагенты (топливо и окислитель) в их состав не входят, а подаются в ТЭ в момент его работы от внешних систем хранения.

ЭХГ на основе ТЭ по сравнению с энергетическими установками других типов обладают целым рядом преимуществ, которые подробно описаны в литературе, например, [3]. Среди недостатков ЭХГ иногда отмечают относительно высокую стоимость из-за использования драгоценных и редкоземельных металлов, а также повышенную пожаровзрывоопасность при использовании в качестве топлива водорода.

Что касается последнего недостатка, то здесь необходимо отметить следующее. Действительно, смесь водорода с воздухом взрывоопасна в широком диапазоне концентраций, однако разработчики ЭХГ, как правило, учитывая это обстоятельство, сводят к минимуму связанные с применением водорода риски. Это достигается за счет реализации комплекса организационных, схемно-конструктивных и технологических мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности, направленных на предупреждение и своевременное обнаружение возможности возникновения аварийных ситуаций и принятие мер по их предотвращению. Кроме того, возможен абсолютно безопасный (сопоставимый с использованием ДВС) вариант применения ЭХГ, в котором водород производится из дизельного топлива путем его паровой конверсии (парового риформинга) непосредственно в самой электроэнергетической установке и нигде не хранится в сжатом виде (для специальных объектов ВВСТ также возможно хранение водорода в связанном состоянии в интерметаллидных накопителях), а сразу поступает в ТЭ.

В настоящее время известны опытные и коммерческие разработки в области ЭХГ известных зарубежных компаний, таких как «Mitsubishi Heavy Industries» (Япония), «McDermott Technology», Inc.» и «Fuel Cell Energy», Inc.» (США), «Siemens» (Германия), «Ballard Power Systems» (Канада), «Elenko» «Бельгия, Голландия), а также отечественных научно-исследовательских институтов и промышленных предприятий (филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» (г. Санкт-Петербург), ИФТТ РАН (г. Черноголовка), ИВТЭ УрО РАН (г. Екатеринбург), АО «ГК «ИнЭнерджи» (г. Москва), ООО «Эй Ти Энерджи» (г. Москва).

ВА МТО по роду своей деятельности поддерживает постоянные контакты со всеми перечисленными российскими предприятиями. Эти предприятия также являются постоянными участниками выставок, проводимых в рамках Международных форумов «Армия-2015...2020», где регулярно представляют всю номенклатуру выпускаемых батарей топливных элементов и энергетических установок на их основе.

Особенно активное научное сотрудничество ВА МТО ведет с филиалом «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Так в период с начала 2000-х годов по настоящее время, в рамках договоров о творческом сотрудничестве было выполнено несколько совместных НИР по адаптации ИЭЭ с ЭХГ на базе твердополимерных (ТПТЭ) и твердооксидных топливных элементов (ТЭТО) для объектов военной инфраструктуры различного назначения [3, 4, 5], подготовлены проекты демонстрационных образцов энергоустановок для обеспечения воинских формирований МТО ВС РФ.

В рамках межвидовой НИР «Генератор-ИВ» разработаны технические предложения по созданию типового ряда ИЭЭ с ЭХГ для обеспечения воинских формирований МТО ВС РФ. Номенклатура типового ряда ИЭЭ с ЭХГ представлена в таблице 1.

Таблица 1

Номенклатура типового ряда ИЭЭ с ЭХГ

Агрегатная мощность ИЭЭ, кВт	Вид тока	Номинальное напряжение, В	Частота тока, Гц	Режим использования	Класс ИЭЭ
5	Переменный однофазный	220±10	50±5	К, Д	М, П
10	Переменный однофазный	220±10	50±5	К, Д	М, П
20	Переменный трехфазный	400±10	50±5	К, Д	М, П
30	Переменный трехфазный	400±10	50±5	К, Д	М, П
50	Переменный трехфазный	400±10	50±5	К, Д	М, П

Примечания: К – кратковременного использования, Д – длительного использования; М – межвидовое назначение, П – производственно-техническое назначение

На рис. 1 представлена структурная электрическая схема ИЭЭ с ЭХГ.

Электрическая схема ИЭЭ с ЭХГ функционирует следующим образом.

ЭХГ 1 вырабатывает постоянный электрический ток с оптимально выбранными параметрами тока и напряжения. Далее постоянный ток поступает в инвертор постоянного регулирования 4, где преобразуется в переменный ток (220/380 В, 50 Гц) и через включенный автомат 5 поступает к потребителям. Аккумуляторная батарея 6, которая заряжается от ЭХГ 1,

нужна для обеспечения собственных нужд переменного 8 и постоянного 9 тока ИЭЭ (насосы, воздушный нагнетатель, запорно-регулирующая арматура и АСУ). Аккумуляторная батарея подключена к потребителям собственных нужд переменного тока через преобразователь собственных нужд 7.

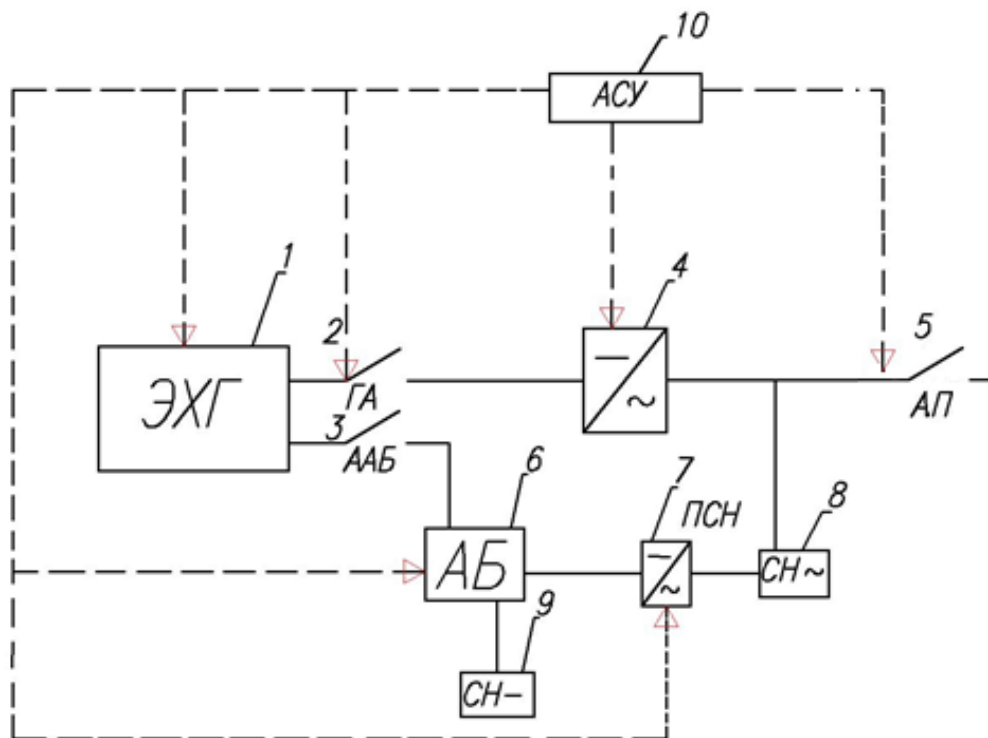


Рис. 1. Структурная электрическая схема ИЭЭ с ЭХГ:

1 – электрохимический генератор (ЭХГ); 2 – генераторный автомат (ГА); 3 – автомат подключения аккумуляторной батареи (ААБ); 4 – электрический инвертор постоянного регулирования; 5 – автомат подключения потребителей (АП); 6 – аккумуляторная батарея (АБ); 7 – преобразователь собственных нужд ЭХГ (ПСН); 8 – собственные нужды переменного тока; 9 – собственные нужды постоянного тока; 10 – автоматическая система управления и контроля (АСУ)

Структурная технологическая (газогидравлическая) схема ИЭЭ с ЭХГ приведена на рис. 2.

В схеме (рис. 2) обеспечивается реализация общих принципов схемного исполнения узлов оборудования и трубопроводов систем:

- рекуперация тепла продукционного газа (водорода) при его охлаждении до требуемого в БТЭ уровня температуры и тепла дымового газа;
- максимальное использование физического тепла (энтальпии) дымового газа при покрытии затрат на технологические нужды конвертора;
- минимизация потерь энергии в окружающую среду путем размещения теплообменных аппаратов и подбора граничных значений температуры процессов тепломассообмена в концевых участках газотока отработавших газов.

Конструкция РПК, являющегося основным элементом конвертора дизельного топлива, предусматривает проведение паровой конверсии дизельного топлива с одновременным мембранным выделением водорода при достаточно низкой температуре, не требующей применения жаропрочных материалов, в сочетании с минимизацией соотношения пар-углерод и рациональной утилизацией тепловой энергии, идущей на испарение воды и перегрев пара.

Принятая конструкция РПК предусматривает непрерывный отвод водорода из зоны реакции, что обеспечивает максимальный выход чистого водорода на единицу конвертируемого топлива при достаточно низкой температуре (от 550 до 600 °С).

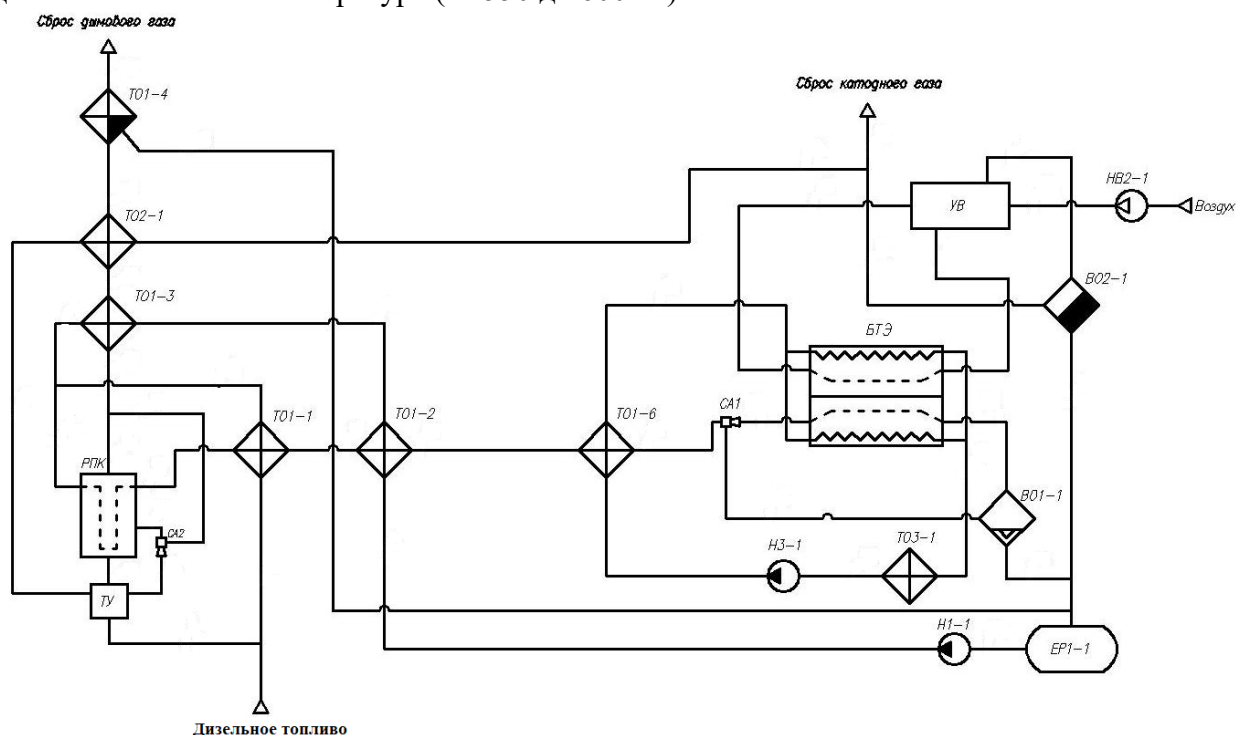


Рис. 2. Структурная технологическая (газогидравлическая) схема ИЭЭ с ЭХГ:

БТЭ – батареи топливных элементов; ТО – теплообменники; Н – насосы; НВ – нагнетатель воздуха; УВ – увлажнитель воздуха; РПК – реактор паровой конверсии; ТУ – топочное устройство; ВО – влагоотделители; ЕР – емкость расходная; СА – смесительный аппарат (инжектор);
Примечание: Первая цифра в сокращениях на схеме обозначает, в какой системе работает устройство: 1 – система подготовки и подачи топлива; 2 – система подготовки и подачи воздуха; 3 – система термостатирования и охлаждения. Цифра после тире – порядковый номер устройства в системе.

Режим ввода в действие РПК и ЭХГ в целом реализуется посредством сжигания дизельного топлива в топочном устройстве с принудительной подачей окислителя. В тракте выхода продукционного водорода для снижения температуры газа до рабочей температуры БТЭ и обеспечивающей исправное функционирование запорной и регулирующей арматуры в контуре устанавливаются теплообменные аппараты ТО1-1, ТО1-2 и ТО1-6. Получение реакционной смеси, направляемой на конверсию, складывается из предварительно подогретого дизельного топлива в теплообменнике, установленном в магистрали продукционного водорода, и перегретого пара, образовавшегося в парогенераторе ТО1-3. После отделения водорода в узле мембранного выделения реактора паровой конверсии дизельного топлива предусмотрена подача синтез-газа через инжектор СА2 в топочное устройство на сжигание, также обеспечивающая рециркуляцию части дымового газа, выходящего из реактора паровой конверсии. Последнее принципиально позволяет повысить термическую эффективность конвертора за счет уменьшения потерь тепловой энергии с уходящими дымовыми газами.

После ввода ЭХГ в действие его работа происходит следующим образом.

Подаваемое в конвертор топливо проходит сероочистку и затем разделяется на два потока: на конверсию и на горение. Конвертируемое дизельное топливо, подогретое и очищенное в блоке сероочистки, подается в смеситель. Из предварительно заправленной водой, а в дальнейшем

постоянно пополняемой образующимся в ходе работы конденсатом, расходной емкости ЕР1-1 насосом Н1-1 технологическая вода подается в тот же смеситель. Полученная в смесителе паротопливная смесь поступает на конверсию. Топливо, направляемое на горение, поступает в топочное устройство ТУ для сжигания, куда также подается катодный газ и выходящий из РПК синтез-газ, обедненный отбором водорода. Дымовые газы, образующиеся при сжигании топлива в ТУ, поступают в реактор паровой конверсии РПК для обеспечения требуемого температурного режима паровой конверсии дизельного топлива, затем отдают тепло в парогенераторе ТО1-3, теплообменниках ТО2-1 и ТО1-4 и сбрасываются в дымоход. Конденсат, непрерывно образующийся в концевом аппарате ТО1-4, также направляется на восполнение запасов воды в емкости ЕР1-1.

На каталитических поверхностях РПК происходит конверсия исходной смеси в синтез-газ – смесь, содержащую водород, метан, монооксид и диоксид углерода, а также водяной пар. Из образующегося синтез-газа на устройстве мембранного выделения происходит отделение сверхчистого (не ниже 99,999 %) продукционного водорода, после чего остаточный синтез-газ поступает в ТУ. Продукционный водород, полученный в РПК, проходит через ТО1-1, ТО1-2 и ТО1-6, охлаждаясь до рабочих температур БТЭ, а затем поступает в контур рециркуляции, где компенсирует снижение количества водорода в результате протекания электрохимической реакции. Рециркуляция анодного газа обеспечивается инжекционным устройством СА1.

Воздух, используемый в качестве окислителя, нагнетателем НВ2-1 после увлажнения катодным газом в УВ подается в ЭХГ для участия в электрохимической реакции, а затем после отделения влаги в ВО2-1 и пройдя через теплообменник ТО2-1 на сжигание в ТУ реактора. Поток воздуха в ТО2-1 рекуперировывает тепло сбрасываемых дымовых газов.

По приведенной выше структурной технологической схеме выполнены расчеты эффективности типового ряда ИЭЭ с ЭХГ мощностью 5, 10, 20, 30 и 50 кВт, которые показали, что при ее реализации удастся получить КПД ИЭЭ (с учетом сгорания топлива для обеспечения процесса конверсии в РПК) от 33,6 до 42,7 % в зависимости от выходной мощности (с ее повышением КПД ИЭЭ также возрастает).

В настоящее время все основные функциональные элементы предлагаемого типового ряда ИЭЭ с ЭХГ (БТЭ, РПК, УВ) изготавливаются на опытном производстве филиала «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» по отечественным технологиям и с использованием отечественных материалов и комплектующих. Технологии их изготовления и технические характеристики подробно описаны в литературе, например, [4, 6, 7, 8].

Для обеспечения безопасной эксплуатации и повышения надежности функционирования типового ряда ИЭЭ с ЭХГ в составе ВВСТ в ВА МТО совместно с филиалом «ЦНИИ СЭТ» был разработан комплекс новых технических решений [9, 10, 11].

Выводы:

В связи отсутствием современных отечественных ДВС для ДЭА и ДЭС мощностью от 1 до 30 кВт возникла объективная необходимость разработки для объектов ВВСТ ВС РФ наземного базирования ИЭЭ на базе ЭХГ.

В настоящее время для решения этой проблемы специалистами ЦНИИ ИВ и ВА МТО выполняется межвидовая НИР «Генератор-ИВ», целью которой является разработка тактико-технических требований к ИЭЭ МВН на основе ЭХГ для обеспечения перспективных объектов ВВСТ воинских формирований ВС РФ и разработка предложений по их созданию.

В рамках НИР разработаны технические предложения по созданию типового ряда ИЭЭ с ЭХГ для обеспечения воинских формирований МТО ВС РФ.

Список литературы:

1. Руководство по коммунально-эксплуатационному обеспечению ВС РФ (утв. Приказом МО РФ от 30.12.2017 № 860).
2. Сайданов В.О. Анализ номенклатуры, технического состояния и опыта эксплуатации ДГУ на объектах военной инфраструктуры // Двигателестроение. – 2015. - № 4 (262). – С.8-9.
3. Сайданов В.О., Михайлов А.К., Ландграф И.К. Энергетические установки на базе топливных элементов // Новости электротехники. - № 5 (47), 2007. - с. 2-5, № 6 (48), 2007. - с.27-29.
4. Сайданов В.О., Ландграф И.К., Касаткин М.А. Энергетические установки на основе топливных элементов // Двигателестроение. – 2017. - № 4 (270), с. 25-33, – 2018. – № 1 (271), с. 27-30.
5. Сайданов В.О., Кривошей В.О., Семенов С.В. Разработка энергетических установок на базе топливных элементов для военной автомобильной техники // Военный инженер. – 2019. - № 1 (11), с. 27-38
6. Аваков В.Б., Хайров Д.А., Ландграф И.К., Живулько С.А. Создание первого отечественного моноблочного конвертора углеводородного топлива с отбором водорода из зоны реакции для энергоустановок на топливных элементах: Труды Крыловского государственного научного центра. – 2019, 2(388), с. 112-122.
7. Аваков В. Б., Богдановская В. А., Ландграф И.К. и др. Характеристики мембранно-электродных блоков водородо-воздушных топливных элементов с ртсост/с-катализатором // М.: Электрохимия, 2014, т. 50, № 7, – с. 733.
8. Ландграф И.К., Касаткин М.А. Перспективы водородных энергоустановок на топливных элементах для развития электротранспорта // Транспорт Российской Федерации, 2019, № 6 (85), – с. 46-49.
9. Патент РФ 194239 С1 МПК H01M 8/02. Контейнер батарей топливных элементов транспортного средства / Сайданов В.О., Ландграф И.К., Лафу Ж.Ж. и др. – Оpubл. 04.12.2019, бюл. № 34.
10. Патент РФ 199531 С1 МПК H01M 8/02. Контейнер батарей топливных элементов транспортного средства / Сайданов В.О., Ландграф И.К., Лафу Ж.Ж. и др. – Оpubл. 17.09.2020, бюл. № 25.
11. Патент РФ 2731877 С1 МПК H01M 8/04. Способ работы топливных элементов в контейнере транспортного средства / Сайданов В.О., Ландграф И.К., Моор И.В и др. - Оpubл. 08.09.2020, бюл. № 25.

Разработка системы оптимального распределённого электроснабжения**Development of the system of optimal distributed power supply system**

Аннотация. В статье обозначена актуальность применения перспективных распределенных систем электроснабжения (с применением возобновляемых источников энергии: солнечное излучение, ветер). Приведены результаты разработки системы оптимального распределённого электроснабжения.

Abstract. The article indicates the relevance of the use of promising distributed power supply systems (using renewable energy sources: solar radiation, wind). The results of the development of the system of optimal distributed power supply system are presented.

Ключевые слова. Оперативно-диспетчерское управление, распределенная система электроснабжения, оптимизация режима работы распределённой системы электроснабжения, система оптимального распределённого электроснабжения.

Keywords. Operational dispatch control, a distributed power supply system, optimization of the operating mode of a distributed power supply system, the system of optimal distributed power supply system.

Развитие систем электроснабжения является одним из ключевых направлений обеспечения надежного функционирования удаленных объектов [1]. В удаленных регионах себестоимость производимой энергии на электростанциях с двигателями внутреннего сгорания (ЭДВС) для автономных регионов находится в диапазоне 15 - 150 руб/кВт*ч [2]. Электроснабжение основанное на таких электростанциях помимо неудовлетворительных экономических показателей несет еще и большие экологические риски [3].

Перспективным техническим решением является использование распределенной генерации с применением возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что подтверждается пунктом 14 б указа Президента Российской Федерации № 204 от 07.05.2018 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». При этом актуальными задачами являются [4]:

развитие распределенной генерации, в том числе на основе возобновляемых источников энергии, в первую очередь в удаленных и изолированных энергорайонах;

внедрение интеллектуальных систем управления электросетевым хозяйством на базе цифровых технологий.

Одним из важных требований к энергетическому оборудованию для удаленных объектов является мобильность. Соответственно, энергоустановки предпочтительно изготавливать в модульном (контейнерном) исполнении, и целесообразно за основу выбрать два хорошо освоенных и распространенных вида ВИЭ – это солнечное излучение и ветер.

Основная идея разработки блочно-транспортабельной гибридной электростанции заключается в создании номенклатуры типовых модулей гибридных электростанций

и электрохимических накопителей из которых можно собрать любую автономную комбинированную систему электроснабжения (СЭС) с возможностью ее транспортировки (см. рис. 1, 2).



Рис. 1. Автономный ветро-солнечный комплекс «ЭНЕРГО-K4.5M-S-W-0,75» [5]



Рис. 2. Гибридная контейнерная блочно-транспортабельная система электроснабжения [6]

Для объединения вышеприведенных типовых модулей в одну СЭС, в настоящее время перспективным направлением в электроэнергетике, является внедрение цифровых систем

управления в соответствии со стандартом IEC 61850 и переход на так называемые цифровые подстанции. В статье [7] авторами предлагается описание цифровых модульных подстанций контейнерного исполнения и рассматриваются два направления реализации: цифровых модульных подстанций на переменном токе (ЦМП АС) и цифровых модульных подстанций на постоянном токе (ЦМП DC). Авторами [7] делается вывод, что при текущем уровне развития силовой полупроводниковой техники построение СЭС на основе ЦМП DC являются более выгодным, даже несмотря на большую стоимость (на 20-30 % дороже по сравнению с ЦМП АС), поскольку обеспечивают лучшую надежность и экономичность функционирования СЭС. Конструктивная модульность блоков позволяет унифицировать конструктивно-технические решения на этапах разработки, проектирования и эксплуатации с использованием цифровых двойников любого изделия и комплекса, а также существенно удешевить и ускорить строительство и ввод в эксплуатацию энергоблоков (до 20%) [7].

С учетом развития полупроводниковой преобразовательной техники переход электроэнергетики с переменного тока на постоянный видится актуальным, тем более, что при использовании постоянного тока технически проще обеспечить динамическую устойчивость СЭС. Так, в патенте «Система автономного электроснабжения с комбинированным накопителем энергии» RU 2 726 735 [8] авторы предлагают подключать непосредственно к шине постоянного тока батарею суперконденсаторов, для демпфирования пульсаций мощности на шине постоянного тока, вызванных кратковременным изменением режима генерации или коммутационными процессами. Также для повышения надежности функционирования СЭС в определенных случаях может быть целесообразно создавать дополнительную избыточность линий электропередач. К примеру, в патенте «Способ передачи электрической энергии» RU 2 475 918 [9] автор предлагает использовать равномерно распределенную электрическую сеть, имеющую конфигурацию связанных шестиугольников, в вершинах которых располагают узлы нагрузки.

Для эффективного функционирования СЭС с распределенной генерацией (РСЭС) помимо использования технических решений, обеспечивающих технологическое присоединение различных элементов РСЭС необходимы технические решения, обеспечивающие оптимальное оперативно-диспетчерское управление (ОДУ) РСЭС.

В статье представлены результаты разработки системы оптимального распределенного электроснабжения (СОРЭС), которая относится к электротехнике и может быть использована для создания автоматизированных систем, обеспечивающих оптимальное ОДУ РСЭС [10]. Из проведенного патентного поиска известны устройства и способы ОДУ РСЭС: RU 2684482 от 09.04.2019; RU 2338310 от 03.08.2007; RU 2665700 от 13.08.2014; RU 2726735 от 15.07.2020; RU 2719456 от 18.07.2019; RU 2710048 от 18.07.2019; RU 2698864 от 16.04.2019; RU 2697510 от 10.04.2018; RU 2518178 от 11.02.2009. Недостатками известных аналогов являются: отсутствие приоритета использования источников электроэнергии, учитывающих их эксплуатационные издержки техническое состояние и уровень износа; отсутствие оптимизации режима работы РСЭС или невозможность нахождения абсолютного оптимума режима работы РСЭС [10].

Наиболее близкой к СОРЭС являются способ и устройство для обеспечения баланса потребления электроэнергии [11]. Прототип состоит из комплекса технических средств (далее – аппаратура) мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы приёмников электроэнергии (ПЭ) и аппаратуры ОДУ.

При этом, аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ПЭ содержит:

- средство оценки потребляемой электроэнергии в течение заданного интервала времени;
- средство сравнения потреблённой электроэнергии ПЭ с её минимальным и максимальным пороговыми значениями.

При этом аппаратура ОДУ содержит:

- средство вычисления количества энергии, подлежащей изменению в соответствии с разницей между оценённым и ожидаемым значениями потребляемой электроэнергии;
- средство определения стратегии изменения количества электроэнергии, поставляемой на отдельные ПЭ, с целью сокращения разницы между текущим значением потребляемой электроэнергии и её ожидаемым значением;
- средство активации оперативного управления потреблением электроэнергии в соответствии с выбранной стратегией;
- средство проверки результатов оперативного управления потреблением электроэнергии;
- средство определения новой стратегии изменения электроэнергии, если проверка дает отрицательный результат.

Недостатком прототипа является то, что баланс мощности обеспечивается только минимизацией количества отключаемых ПЭ, что не позволяет оптимизировать режим работы РСЭС в соответствии с критерием минимизации эксплуатационных издержек источников электроэнергии (ИЭ) для заданного интервала времени.

Задача СОРЕС – обеспечение оптимального режима работы (ОРР) РСЭС в соответствии с критериями минимизации отключаемых потребителей и эксплуатационных издержек ИЭ для заданного интервала времени.

Технический результат достигается за счет того, что в СОРЕС, содержащую функционально связанные аппаратуру мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ПЭ и аппаратуру ОДУ, введены:

- аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ИЭ (в виде электростанций и аккумуляторных батарей);
- аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы электрической сети (ЭС), включающего в себя подстанции и линии электропередачи.

При этом аппаратура ОДУ функционально и информационно взаимосвязана с аппаратурой мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ПЭ, ИЭ и ЭС.

Аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ИЭ осуществляет прогноз работоспособности и расчет коэффициента приоритета использования ИЭ для заданного интервала времени.

Аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ЭС осуществляет прогноз работоспособности, пропускной способности и топологии электрической сети РСЭС для заданного интервала времени.

Аппаратура ОДУ обеспечивает:

- определение изолированных сегментов РСЭС, не имеющих друг с другом электрических связей для заданного интервала времени;
- определение ОРР ИЭ каждого изолированного сегмента РСЭС для заданного интервала времени;
- проверку достаточности пропускной способности контролируемых сечений ЭС в рассчитанном ОРР каждого изолированного сегмента РСЭС для заданного интервала времени.

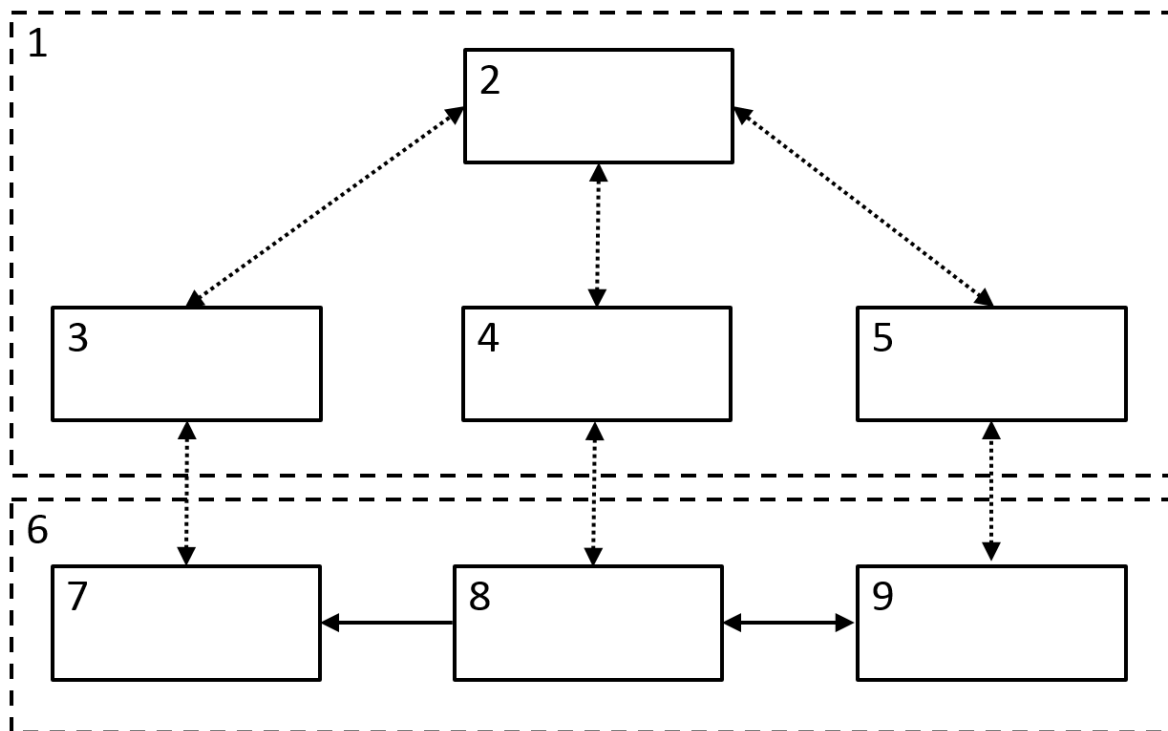


Рис. 3. структурная схема системы оптимального распределённого электроснабжения [10].

На рисунке 3 использованы следующие обозначения: 1 – СОРЭС; 2 – аппаратура ОДУ; 3 – аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ПЭ; 4 – аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ЭС; 5 – аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ИЭ; 6 – РСЭС; 7 – ПЭ; 8 – ЭС; 9 – ИЭ, при этом информационные связи и их направления обозначены пунктирными стрелками, а электроэнергетические связи и их направления - непрерывными стрелками.

СОРЭС 1 работает следующим образом:

- а) аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ПЭ 3, получая информацию от ПЭ 7, формирует ретроспективные данные и осуществляет прогноз потребления электроэнергии для заданного интервала времени;
- б) аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ИЭ 5, получая информацию от ИЭ 9, формирует ретроспективные данные и, учитывая эксплуатационные издержки ИЭ 9 и их техническое состояние;
- в) аппаратура мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ЭС 4, получая информацию от элементов ЭС 8, формирует ретроспективные данные и осуществляет прогноз работоспособности элементов ЭС 8 для заданного интервала времени;
- г) аппаратура ОДУ 2, на основе информации от аппаратуры мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ЭС 8, определяет изолированные сегменты РСЭС 6, не имеющие друг с другом электрической связи для заданного интервала времени;
- д) для каждого изолированного сегмента РСЭС 6, аппаратура ОДУ 2 определяет количество ИЭ 9, достаточное для обеспечения планового баланса мощности с резервом для расчётного небаланса мощности для заданного интервала времени; при этом при обнаружении дефицита электроэнергии в каком-либо из изолированных сегментов РСЭС 6, аппаратура ОДУ 2 осуществляет расчёт необходимого минимального количества отключаемых ПЭ 7, где, в первую очередь, исключаются из расчета планового баланса мощности наименее мощные ПЭ 7 в наименее приоритетной группе в соответствии с целевой функцией (1):

$$\sum_{i=1}^n P_{\text{измакс}i} \geq K_{\text{уст}} * (\sum_{j=1}^m P_{\text{пэвкл}j} - \sum_{k=1}^c P_{\text{пэоткл}k});$$

$$\sum_{k=1}^C \left(\frac{P_{\text{пзоткл}k}}{K_{\text{пзпр}k}} \right) \rightarrow 0; K_{\text{пзпр}k} \in N > 0, \quad (1)$$

где $P_{\text{из макс } i}$ – максимальная мощность i -го источника электроэнергии; $K_{\text{уст}}$ – коэффициент устойчивости (резерв для расчётного небаланса мощности); $P_{\text{пз вкл } j}$ – мощность j -го ПЭ включенного в расчёт планового баланса; $P_{\text{пз откл } k}$ – мощность k -го ПЭ исключенного из расчета планового баланса; $K_{\text{пз пр } k}$ – коэффициент приоритета электроснабжения k -го ПЭ, при этом у ПЭ с более высоким приоритетом значение этого коэффициента меньше.

f) далее аппаратура ОДУ 2 определяет ОРР ИЭ 9, минимизируя сумму удельного вклада каждого ИЭ 9 для обеспечения планового баланса мощности, умноженную на коэффициент приоритета использования ИЭ 9 в соответствии с целевой функцией (2) при плановом балансе мощности:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (K_{\text{изпр}i} * P_{\text{изпр}i\text{факт}})}{\sum_{i=1}^n (P_{\text{изпр}i\text{факт}})} \rightarrow \min; K_{\text{изпр}i} \in R > 0, \quad (2)$$

где $K_{\text{из пр } i}$ – коэффициент приоритета i -го ИЭ, при этом у более приоритетного источника электроэнергии значение этого коэффициента меньше; $P_{\text{из пр } i \text{ факт}}$ – рассчитанная мощность i -го источника электроэнергии необходимая для обеспечения планового баланса.

g) Для проверки достаточности пропускной способности ЭС 8 в рассчитанном ОРР каждого изолированного сегмента РСЭС 6, аппаратура ОДУ 2 выполняет моделирование установившегося режима, при этом при выявлении перегрузки в каком-либо изолированном сегменте РСЭС 6 хотя бы одного элемента ЭС 8 перегруженные элементы ЭС 8 удаляются из расчёта для данного интервала времени, а для оставшихся ИЭ 9, ПЭ 7 и элементов ЭС 8, входящих в данный изолированный сегмент РСЭС 6, операции определения наличия электрических связей, определения ОРР и моделирования установившегося режима повторяют;

h) После определения ОРР для каждого изолированного сегмента РСЭС 6 аппаратура ОДУ 2 передаёт диспетчерские команды аппаратуре мониторинга эксплуатационного состояния и режима работы ПЭ 3, ЭС 4, ИЭ 5, которые, в свою очередь, передают всем ПЭ 7, ИЭ 9 и элементам ЭС 8 команды для поддержания рассчитанных ОРР каждого изолированного сегмента РСЭС 6 до окончания заданного интервала времени или до обнаружения превышения над расчётным значением небаланса мощности. Любое из вышеприведённых событий инициирует процедуру пересчёта ОРР РСЭС 6 аппаратурой ОДУ 2.

Технический результат заключается в определении и поддержании оптимального режима работы распределённой системы электроснабжения, последовательность выполняемых действий СОРЕС можно визуализировать в виде BPMN диаграммы, представленной на рисунке 4.

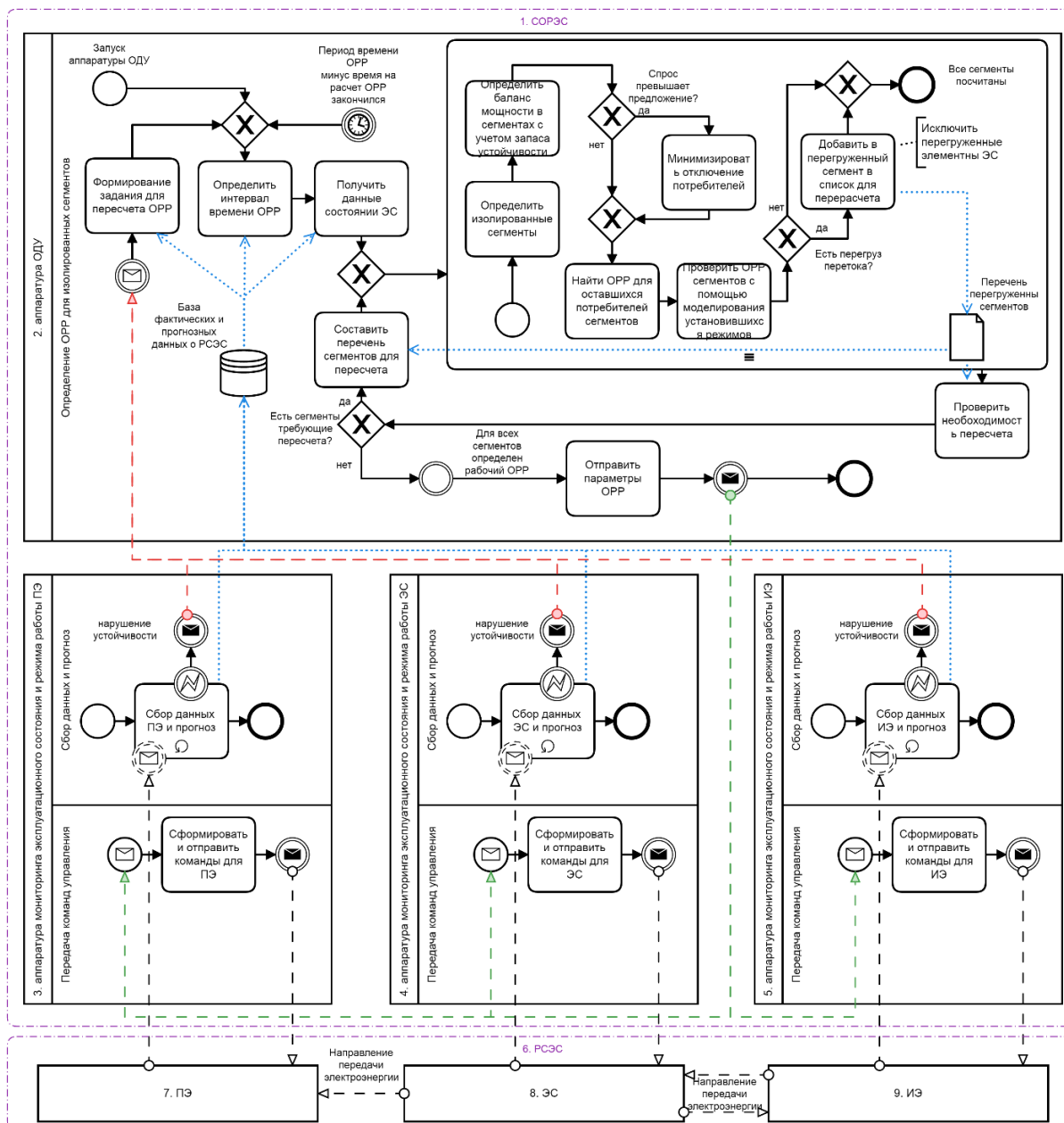


Рис. 4. BPMN диаграмма функционирования COPЭС, выполненная в Camunda modeler 4.7.0

Выводы

1. В статье обозначена актуальность применения перспективных РСЭС (с применением возобновляемых источников энергии: солнечное излучение, ветер). Проведен анализ последних исследований, публикаций и патентов по тематике перспективных РСЭС. Следует заключить, что с учетом развития микроэлектроники системы управления энергосистемами переходят на стандарт цифровой подстанции IEC 61850. В связи с развитием силовой полупроводниковой преобразовательной техники переход электроэнергетики с переменного тока на постоянный видится актуальным, тем более, что при использовании постоянного тока технически проще обеспечить динамическую устойчивость электроэнергетических систем. Для эффективного функционирования РСЭС помимо использования технических решений, обеспечивающих технологическое присоединение различных элементов РСЭС необходимы технические решения, обеспечивающие оптимальное оперативно-диспетчерское управление (ОДУ) РСЭС.

2. Приведены результаты разработки системы оптимального распределённого электроснабжения. Разработанная система позволяет минимизировать отключение

потребителей при нарушении баланса мощностей в каждом изолированном сегменте РСЭС для заданного интервала времени, определять и поддерживать оптимальный режим работы источников электроэнергии РСЭС. Для минимизации отключения потребителей и оптимизации режима работы источников электроэнергии РСЭС сформированы целевые функции, логика функционирования системы описана в нотации BPMN 2.0, с использованием системы автоматизированного проектирования Camunda modeler 4.7.0. На основе результатов разработки системы оптимального распределённого электроснабжения подана заявка на изобретение №2021117923 от 17.06.2021 [10].

Список литературы

1. Шаранов, А. Н. Тактико-технические требования к разрабатываемым образцам технических средств / А. Н. Шаранов, Е. А. Шаранов // Актуальные проблемы военно-научных исследований. №6. 2020 г. С. 51-64.
2. Елистратов, В. В. Возобновляемая энергетика: учебное издание / В. В. Елистратов. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 424 с.
3. Ульянов, А. Г. Способы оценки экологической эффективности гибридных энергетических систем программными инструментами с открытым исходным кодом / А. Г. Ульянов, О.Ю. Белый // 45 лет НВИМУ-НГМА-МГА-ГМУ: материалы национальной научно-практической конференции. Ч.1. Новороссийск: РИО ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2021. С. 142–144.
4. Российская Федерация. Президент. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : Указ Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204.
5. Характеристики автономного ветро-солнечного комплекса «ЭНЕРГО-К4.5М-S-W-0,75» // ЗАО «МНПО «Энергоспецтехника»: официальный сайт. – URL: https://spectech.ru/about/projects/gibridnye-ehnergokompleksy/hybrid_k4_5m-s-w-0-75/ (дата обращения: 15.06.2021).
6. Характеристики гибридной контейнерной блочно-транспортальной системы электроснабжения // Группа компаний «Президент-Нева» : официальный сайт. – URL: https://www.powercity.ru/articles/gibridnaya_kontejnernaya_blochnotransportabelnaya_sistema/ (дата обращения: 15.06.2021).
7. Шульга, Р.Н. Энергетические платформы с использованием цифровых модульных подстанций и энергоблоков для Арктики / Р.Н. Шульга, А.Ю. Петров, А.Ю. Хренников // Российская Арктика. – 2020. – №10. – DOI: 10.24411/2658-4255-2020-12104. – С. 37-50
8. Патент № 2726735 Российская Федерация, МПК H02J 7/34 (2020.02), H02J 3/38 (2020.02). Система автономного электроснабжения с комбинированным накопителем энергии : № 2019126666 : заявл. 23.08.2019: опубл. 15.07.2020 Бюл. №20 / Маслов В. Г., Маслов Н. В., Муравлев А. И., Обухов С. Г. – 11 с. : ил. – Текст : непосредственный.
9. Патент № 2475918 Российская Федерация, МПК H02J 4/00 (2006.01). Способ передачи электрической энергии : № 2011154427/07 : заявл. 29.12.2011 : опубл. 20.02.2013 / Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А. – 8 с. : ил. – Текст : непосредственный.
10. Заявка на изобретение №2021117923 Российская Федерация. Система оптимального распределённого электроснабжения: № 2021117923 : заявл. 17.06.2021 / Белый О.Ю., Нивеницын Э.Л., Покотило С.А., Ульянов А.Г. – 9 с. : ил. – Текст : непосредственный.
11. Патент № 2666751 Российская Федерация, МПК H02J 3/38 (2006.01); H02J 3/24 (2006.01). Способ и устройство для обеспечения баланса потребления электроэнергии : № 2016102418 : заявл. 22.07.2014 : опубл. 31.08.2017 Бюл. № 25 / Куадрины Р. – 28 с. : ил. – Текст : непосредственный.

**Этапы проектирования и эксплуатации асинхронных дизель-генераторов
для автономных систем электроснабжения специальных технических систем**

**Stages of design and operation of asynchronous diesel generators for autonomous power supply
systems of special technical systems**

Аннотация. В статье приведены преимущества асинхронных дизель-генераторов в сравнении с традиционными синхронными генераторами для автономных систем электроснабжения специальных технических систем. Показано, что технико-экономические показатели дизель-генераторных установок (ДГУ) могут быть существенно увеличены при применении в качестве электромеханического преобразователя энергии асинхронных генераторов (АГ) с переменной частотой вращения. В качестве критерия оптимальности принят удельный эффективный расход топлива ДГУ. Такой подход к выбору типа ДГУ при проектировании автономных систем электроснабжения требует подробного рассмотрения технико-экономических характеристик агрегатов. Предлагаемые основы проектирования могут обеспечить наиболее полное использование положительных свойств дизеля и системы электромеханического преобразования энергии при их эксплуатации, в результате чего улучшить технико-экономические характеристики автономных систем электроснабжения.

Abstract. The article presents the advantages of asynchronous diesel generators in comparison with traditional synchronous generators for autonomous power supply systems of special technical systems. It is shown that the technical and economic indicators of diesel generator sets can be significantly increased when using asynchronous generators with variable speed as an electromechanical energy converter. The specific effective fuel consumption of diesel generator sets is accepted as an optimality criterion. This approach to the choice of the type of diesel generator sets when designing autonomous power supply systems requires a detailed consideration of the technical and economic characteristics of the units. The proposed design principles can ensure the most complete use of the positive properties of diesel and the electromechanical energy conversion system during their operation, as a result of which the technical and economic characteristics of autonomous power supply systems can be improved.

Ключевые слова: дизель-генераторная установка, асинхронный генератор, удельный эффективный расход топлива, энергоэффективность.

Keywords: diesel generator set, asynchronous generator, specific effective fuel consumption, energy efficiency.

Введение

Успешное функционирование наземных комплексов космического назначения (НККН) в значительной степени зависит от бесперебойной работы специальных технических систем, важнейшей из которых является система гарантированного электропитания (СГЭП).

СГЭП предназначена для бесперебойного и гарантированного обеспечения всех потребителей НККН электрической энергией в режимах дежурства, боевой работы, а также при аварийных отключениях от основных источников, отвечающей требованиям по качеству государственным стандартам.

Надежность и экономичность работы автономных систем электроснабжения существенно зависят от типа и режимов работы приводного двигателя источника электроэнергии. Выбор двигателя для привода синхронного (СГ) и асинхронного (АГ) генераторов должен производиться на основе характерных особенностей их работы. При любом типе генератора правильный выбор двигателя предусматривает подробный анализ его ограничительных и внешней характеристик совместно с энергетическими характеристиками генератора.

Предложения по применению асинхронных генераторов.

В настоящее время в автономных системах электроснабжения используются, как правило, дизели, разработанные для транспортных установок. Такие дизели имеют всережимные регуляторы частоты вращения n , обеспечивающие устойчивую работу в широком диапазоне n от n_{min} до n_{max} . Характеристики таких двигателей могут иметь вид, показанный на рис. 1, где кривая $еж$ представляет полную внешнюю характеристику, кривые $аб$ и $дв$ — верхнюю и нижнюю ограничительные характеристики. В соответствии с определениями указанных характеристик фигура $абвда$ определяет поле возможных режимов, не имеющих никаких ограничений по продолжительности работы. Работа двигателя по внешней характеристике возможна только в течение ограничений по продолжительности работы (до 1-2 ч). В связи с этим заштрихованные участки фигуры $ежзде$ следует понимать, как поле режимов, при которых продолжительность непрерывной работы и суммарная наработка во время эксплуатации ограничены. Все режимы, попадающие в это заштрихованное поле, можно рассматривать как перегрузочные; зная это, можно выбирать мощность и частоту вращения приводного генератора. А на рис. 2 представлена универсальная характеристика и поле возможных режимов работы дизеля с асинхронным генератором (АГ).

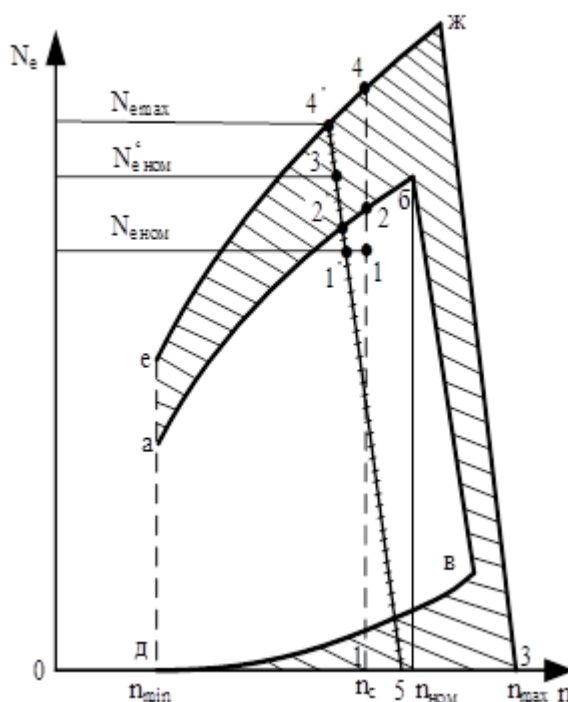


Рис. 1 Поле возможных режимов работы дизеля и ДГ с синхронным генератором

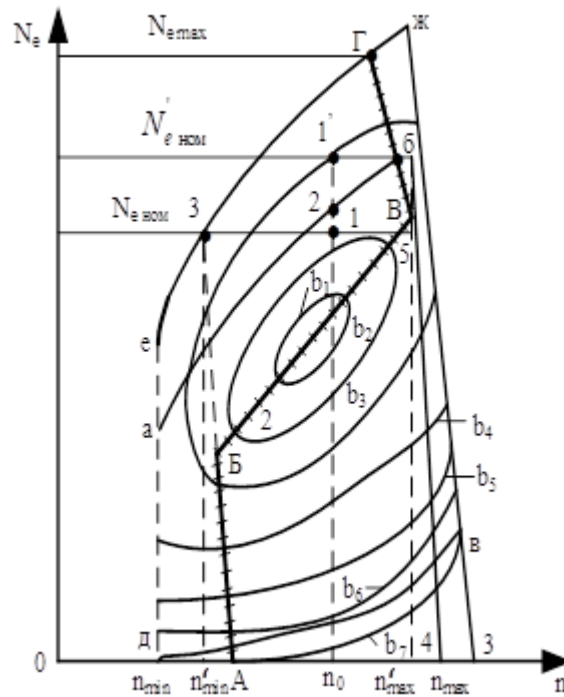


Рис 2. Универсальная характеристика и поле возможных режимов работы АГ

При применении синхронного генератора его частота вращения n_c выбирается в зависимости от числа пар полюсов генератора и частоты вырабатываемого тока f . Так, при $f = 50$ Гц синхронная частота вращения n_c может принимать одно из следующих значений: 3000, 1500, 1000, 750, 500, 375, 300, 250, 200 об/мин и т. д. Исходя из требований к массо-габаритным показателям энергоустановки, выбирается величина n_c (очевидно, что $n_{min} < n_c < n_{max}$) и затем определяется возможная номинальная мощность генератора $P_{ном}$.

Из рис. 1 хорошо видно, что при n_c номинальная мощность генератора в принципе может быть равной

$$P'_{ном} = N_{e2} \eta_g \quad (1)$$

где N_{e2} — мощность двигателя по ограничительной характеристике при $n = n_c$;
 η_g — КПД генератора.

После определения $P'_{ном}$ выбирается ближайшая $P_{ном}$ из ряда, определяемого ГОСТ 12139-84, при соблюдении условия $P_{ном} \leq P'_{ном}$. В случае применения СГ дизели должны работать по регуляторной характеристике с наклоном 2—6 %. Причем регулятор настраивается обычно так, чтобы $n = n_c$ при $N_e \approx 0,5 N_{еном}$ где $N_{еном} = P_{ном} / \eta_g$. Таким образом, поле возможных режимов работы дизель-генератора (ДГ) сужается до узкой полосы, обозначенной на рис. 1 заштрихованной линией 51'2'34'. Здесь же видно, что из-за наклона регуляторной характеристики несколько уменьшается перегрузочная способность ДГ (мощности в точках 2' и 4' меньше, чем в точках 2 и 4). Максимальная мощность ДГ при перегрузке N_n , допускаемой техническими условиями, определяется из условия

$$N_{е ном} < N_n < N_{е max} \quad (2)$$

Перегрузочные способности дизель-генераторных установок (ДГУ) могут быть существенно увеличены при применении в качестве электромеханического преобразователя энергии АГ. Особенность таких ДГУ это способность работать с переменной частотой вращения и алгоритм их выбора следующий. В начале, рассчитывается оптимальное значение $n_{опт}$ и выбирается диапазон изменения частоты вращения Δn . Величина $n_{опт}$ определяется в зависимости

от способа поддержания постоянства частоты тока f при $n = \text{var}$ при расчете параметров автономного асинхронного полупроводникового каскада (ААПК), под которым понимается АГ вместе с его системой возбуждения и управления. Энергия к статору АГ подводится двумя путями: электромеханическим от вала ДВС и электромагнитным через цепь ротора от системы возбуждения. Электромагнитная мощность генератора

$$P_{\text{ЭМ}} = N_e + P_{\text{ЭЛ}}, \quad (3)$$

где N_e — эффективная мощность дизеля (механическая мощность);

$P_{\text{ЭЛ}}$ — электрическая мощность системы возбуждения.

Составляющие электромагнитной мощности имеют вид:

$$N_e = P_{\text{ЭМ}} (1-s); \quad (4)$$

$$P_{\text{ЭЛ}} = P_{\text{ЭМ}} s, \quad (5)$$

где s — скольжение ротора АГ [$s = (n_c - n)/n_c$].

При синхронной частоте вращения ($n = n_c$) будет $s = 0$ и $N_e = P_{\text{ЭМ}}$. Если $s \neq 0$, то изменение механической энергии, подведенной к ротору АГ, должно компенсироваться соответствующим изменением мощности, подводимой от системы возбуждения. Так как в ААПК энергия возбуждения АГ получается также за счет эффективной мощности двигателя, то

$$N_e = P_r + \sum \Delta P, \quad (6)$$

где ΔP — сумма всех потерь в ААПК.

Рассмотрим зависимости от режима работы ААПК отдельных слагаемых $\sum \Delta P$.

Добавочные и механические потери в АГ $\Delta P_{\text{д.м АГ}}$ зависят от мощности АГ и частоты вращения его ротора. Эту зависимость можно представить в виде

$$\Delta P_{\text{д.м АГ}} = \Delta P_{\text{д.м АГ}(0)} + \Delta P_{\text{д.м АГ}(0)} (1-s) k \quad (7)$$

где $\Delta P_{\text{д.м АГ}(0)}$ — добавочные и механические потери АГ при $s = 0$;

k — коэффициент пропорциональности.

Добавочные и механические потери в возбудителе $\Delta P_{\text{д.м.в}}$ зависят от мощности возбудителя примерно так же, как и в АГ. Если учесть еще и то, что мощность возбудителя зависит от Δn , то

$$\Delta P_{\text{д.м.в}} = \Delta P_{\text{д.м.в}(0)} \alpha (1 + \Delta s) + \Delta P_{\text{д.м.в}(0)} (1-s) k \quad (8)$$

где $\alpha(1 + \Delta s)$ — величина, показывающая изменение добавочных и механических потерь синхронного возбудителя в результате изменения частоты вращения, вызывающего изменение скольжения ротора на величину Δs ;

$\Delta P_{\text{д.м.в}(0)}$ — добавочные и механические потери в возбудителе при $s = 0$;

α — коэффициент пропорциональности.

Потери в системе возбуждения возбудителя $\Delta P_{\text{в.в}}$ в общем случае тем больше, чем меньше частота вращения ротора n_r возбудителя, так как с уменьшением n_r необходимо увеличивать ток возбуждения. Их можно представить в виде

$$\Delta P_{\text{в.в}} = \Delta P_{\text{в.в}(0)} (1+s) \gamma, \quad (9)$$

где $\Delta P_{\text{в.в}(0)}$ — потери в системе возбуждения возбудителя при $s = 0$;

γ — коэффициент пропорциональности.

Потери в возбудителе также можно представить в виде

$$\Delta P_{\text{возб}} = \Delta P_{\text{возб}(0)} \beta (1 + |s|), \quad (10)$$

где $\Delta P_{\text{возб}(0)}$ — потери в возбудителе при $s = 0$;

β — коэффициент пропорциональности, учитывающий схему и режим работы возбудителя при текущем модуле скольжения $|s|$.

Потери в меди статора $\Delta P_{\text{м.с.}}$, ротора $\Delta P_{\text{м.р.}}$, потери в стали статора $\Delta P_{\text{с.с.}}$, практически не зависят от скольжения. Потери в стали ротора $\Delta P_{\text{с.р.}}$ пропорциональны частоте тока ротора

f_p и могут быть представлены как:

$$\Delta P_{C.P.} = \Delta P_{C.P(l)} q |s| \quad (11)$$

где $\Delta P_{C.P(l)}$ – потери в стали ротора при $s = 1$;

q – коэффициент пропорциональности.

Рассматривая уравнения (7) – (11) и пренебрегая сравнительно малой величиной части составляющих $\sum \Delta P_1 \approx 0$, суммарные потери $\sum \Delta P$ в ААПК

можно привести к виду

$$\begin{aligned} \sum \Delta P \approx & \Delta P_{д.м.АГ(0)} + (1+k) \Delta P_{м.с.} + \Delta P_{м.р.} + \Delta P_{с.с} + \\ & + \Delta P_{д.м.в(0)} (k + \alpha \Delta s + \alpha) + \Delta P_{в.в(0)} \gamma + \Delta P_{ПЧ} + \Delta P_{возб(0)} \beta \end{aligned} \quad (12)$$

Эти потери можно представить в виде суммы всех потерь в АГ.

$$\sum \Delta P_{АГ} = \Delta P_{д.м.АГ(0)} (1+k) + \Delta P_{м.с.} + \Delta P_{м.р.} + \Delta P_{с.с} \quad (13)$$

и потерь в системе возбуждения АГ

$$\sum \Delta P_{возб} = \Delta P_{д.м.в(0)} (k + \alpha \Delta s + \alpha) + \Delta P_{в.в(0)} \gamma + \Delta P_{ПЧ} + \Delta P_{возб(0)} \beta \quad (14)$$

В соответствии с принятыми обозначениями КПД: АГ $\eta_{АГ}$, системы возбуждения АГ $\eta_{возб}$ и ААПК $\eta_{ААПК}$ можно выразить уравнениями:

$$\eta_{АГ} = \frac{P_r}{P_r + \sum \Delta P_{АГ}}; \quad \eta_{возб} = \frac{|P_p|}{|P_p| + \sum \Delta P_{возб}}; \quad \eta_{ААПК} = \frac{P_r}{N_e} = \frac{P_r}{P_r + \sum \Delta P_{АГ} + \sum \Delta P_{возб}}, \quad (15)$$

где $|P_p|$ – модуль активной мощности ротора АГ, в виде суммы

$$P_p = P_{p(0)} + P_{rs} \quad (16)$$

В формуле (16) $P_{p(0)}$ – активная мощность ротора при $s = 0$.

Формулу для $\eta_{ААПК}$ с учетом (15) и (16) можно представить в виде

$$\eta_{ААПК} = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{АГ}} + \left(\frac{P_{p(0)}}{P_r} + |s| \right) \left(\frac{1}{\eta_{возб}} - 1 \right)}. \quad (17)$$

Активная мощность ротора P_r вместе с реактивной мощностью Q_r определяют полную мощность $H = \sqrt{P_r^2 + Q_r^2}$ синхронного возбудителя, от которого в свою очередь зависит масса, габариты и КПД системы возбуждения АГ. Синхронный возбудитель выбирается так, чтобы его номинальная полная мощность $H_{ном}$ была не менее требуемой H_{max} ($H_{ном} \geq H_{max}$) при $s = s_{max}$. В этом случае при $s \neq s_{max}$ будет иметь место уменьшение $\eta_{с.в.}$ и тем больше, чем больше отличие $|s|$ от $|s_{max}|$. Таким образом, можно показать, что $\eta_{с.в.} = f(\Delta s)$.

Учитывая, что синхронный возбудитель и ПЧ — последовательно включенные элементы системы возбуждения

$$\eta_{возб} = \eta_{с.в.} \eta_{ПЧ}, \quad (18)$$

где $\eta_{ПЧ}$ – КПД ПЧ, который зависит от s , т. е. $\eta_{ПЧ} = f_1(s)$.

Так как $\eta_{с.в.} = f(\Delta s)$, а $\eta_{ПЧ} = f(s)$, то $\eta_{возб} = f(s, \Delta s)$. Сложный характер зависимости $\eta_{ААПК} = f(s, \Delta s)$ не позволяет однозначно определить оптимальные значения скольжения $s_{опт}$ и диапазон его изменения Δs . Поэтому прежде всего в ДГУ с АГ выбирается синхронная частота вращения n_c . Затем по уравнению (17) с учетом зависимости (18) определяются значениями $\eta_{ААПК}$ при различных s . Оптимальным принимается значение $s = s_{опт}$, при котором $\eta_{ААПК}$ достигает максимума, и по $s_{опт}$ определяется

$$n_{опт} = n_c (1 + s_{опт}) \quad (19)$$

Затем, зная Δs или задаваясь его значениями по отношению к $s_{опт}$ находим $s_{опт}$, при котором среднее значение $\eta_{ААПК \Delta s}$ достигает максимума. Значения s и Δs выбраны оптимальными, если произведение $A = \eta_{ААПК} \eta_{ААПК \Delta s}$ достигает максимума ($A = A_{max}$). После определения $n_{опт}$ определяется возможная мощность АГ

$$P'_Г = N_{e2} \eta_{\text{ААПК}}, \quad (20)$$

где N_{e2} — эффективная мощность двигателя по ограничительной характеристике при $n = n_{\text{опт}}$ (ордината точки 2 на рис. 2).

Затем из ряда мощностей выбирается номинальная мощность АГ $P_{\text{ном}}$. Здесь необходимо выполнить лишь следующее условие:

$$\frac{P_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ААПК}}} \leq N'_{e \text{ ном}}, \quad (21)$$

где $N'_{e \text{ ном}}$ — мощность двигателя по ограничительной характеристике;

$\eta_{\text{ААПК}}$ — КПД при $n = n_{\text{мах}} (s = s_{\text{мах}})$.

Предположим, что выбранная номинальная мощность АГ соответствует мощности двигателя $N_{e \text{ ном}}$, определенной ординатой точки 1 на рис. 2. По величине этой мощности определяется $n_{\text{мин}}$, исходя из необходимости обеспечения устойчивой работы дизеля в случае наброса номинальной нагрузки на двигатель, работающий при $N_e = 0$ и $n = n_{\text{мин}}$. Это условие может быть выполнено, если при $n = n_{\text{мин}}$ мощность двигателя по внешней характеристике $N_{e \text{ вн}} \geq N_{e \text{ ном}}$. Тогда

$$n_{\text{мин}} = \frac{n'_{\text{мин}}}{1 - \Delta n_{\text{набр}}}, \quad (22)$$

где $n'_{\text{мин}}$ — частота вращения, при которой мощность двигателя по внешней характеристике соответствует номинальной мощности установки;

$$\overline{\Delta n} = \frac{n'_{\text{мин}} - n_{\text{мин}}}{1 - \Delta n_{\text{набр}}} - \text{Максимальное относительное изменение частоты вращения при резком}$$

изменении нагрузки от 0 до $N_{e \text{ ном}}$.

Известно, что если стабильность частоты тока f в ДГУ с АГ обеспечивается в зоне изменения частоты вращения $0,5 n_c \leq n \leq 1,5 n_c$, то при $n'_{\text{мин}} < 0,5 n_c$ значение

$$n_{\text{мин}} = \frac{0,5 n_c}{1 - \Delta n_{\text{набр}}}, \quad (23)$$

Верхний предел частоты вращения определяется соотношением $n_{\text{мах}} = \frac{n'_{\text{мах}}}{1 + \Delta n_{\text{сбр}}}$, при

$$n'_{\text{мах}} < 1,5 n_c \text{ и } n_{\text{мах}} = \frac{1,5 n_c}{1 + \Delta n_{\text{сбр}}},$$

где $\Delta n_{\text{сбр}}$ — изменение n при сбросе нагрузки;

$n'_{\text{мах}}$ — максимально допустимая частота вращения.

После определения $P_{\text{ном}}$, $n_{\text{мин}}$ и $n_{\text{мах}}$ можно определить оптимальные режимы работы ДГУ с АГ. В качестве критерия оптимальности целесообразно принять удельный эффективный расход топлива ДГУ. Зная экономические характеристики дизеля и ААПК, можно расчетами оценить эффективный КПД или удельный эффективный расход топлива ДГУ b_i на различных скоростных и нагрузочных режимах и построить линии равных удельных расходов (изолинии) в координатах $N_e - n$. Обычно такие изолинии имеют вид, показанный на рис. 2 тонкими линиями, где $b_1 < b_2 <$

$b_3 < \dots < b_n$. При известных зависимостях $b=f(N_e, n)$ графически или аналитически легко определить закон оптимального регулирования на рис.2, который представлен линией БВ, проходящей в зоне минимальных удельных расходов топлива. Учитывая ограничения пределов изменения частоты вращения, регулирование n во всем диапазоне изменения N_e будет оптимальным по линии АБВГ, где линии АБ и ВГ – регулярные характеристики при установочных n_{min} и n_{max} соответственно. Узкая полоса в окрестностях заштрихованной линии АБВГ представляет поле оптимальных режимов работы ДГУ и АГ.

При работе ДГУ с оптимальным регулированием частоты вращения достигается не только высокая экономичность, но и существенно увеличиваются ее перегрузочные способности. Это хорошо видно при рассмотрении рис. 2. Здесь часть поля возможных режимов работы ДГУ с АГ, ограниченная фигурой 15Г31, отличается тем, что $N_e > N_{e\text{ном}}$ и может рассматриваться как поле режимов перегрузки. Вместе с тем некоторая часть поля перегрузочных режимов ДГУ лежит ниже ограничительной характеристики двигателя. В связи с этим перегрузки ДГУ с АГ целесообразно разделить на две группы — допускающие длительную работу и кратковременные. Величина кратковременной перегрузки может быть определена по формуле

$$\overline{\delta P}_{кр} \leq \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{N_{e\text{ max}}}{N_{e\text{ ном}}} \frac{\eta_{\text{ААПК}}(n=n_{\text{max}})}{\eta_{\text{ААПК ном}}}. \quad (24)$$

Здесь $N_{e\text{ max}}$ – мощность дизеля по внешней характеристике при $n = n_{\text{max}}$; $\eta_{\text{ААПК}}(n = n_{\text{max}})$ и $\eta_{\text{ААПК ном}}$ – КПД ААПК при $N_{e\text{ max}}$ и $N_{e\text{ ном}}$ соответственно.

Аналогично определяется величина длительной перегрузки

$$\overline{\delta P}_{дл} = \frac{N'_{e\text{ max}}}{N_{e\text{ ном}}} \frac{\eta_{\text{ААПК}}(n=n_{\text{max}})}{\eta_{\text{ААПК ном}}}. \quad (25)$$

Расчеты показывают, что для ДГУ с АГ $\overline{\delta P}_{кр} = 1,3 \div 1,45$, а $\overline{\delta P}_{дл} = 1,2 \div 1,3$ тогда как ДГУ с синхронными генераторами при таких же уровнях форсировки дизеля могли бы допустить $\overline{\delta P} = 1,1 \div 1,25$. Объясняется это тем, что при больших мощностях нагрузки ДГУ с АГ работают при $n = n_c$.

Установленная мощность всех ДГУ в автономной системе электроснабжения должна помимо обеспечения потребителей позволять производить техническое обслуживание отдельных ДГУ без перерыва питания потребителей. Поэтому суммарная номинальная мощность ДГУ $\sum_{i=1}^{n_{\text{уст}}} P_{\text{ном } i}$ выбирается так, чтобы при остановке самого мощного ДГ оставшаяся рабочая мощность обеспечила надежное электроснабжение потребителей. С этой целью должны выполняться условия:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^{n_{\text{уст}}} P_{\text{ном } i} - P_{\text{ном}}^{\text{max}} &\geq P_{\text{баз}} \\ \sum_{i=1}^{n_{\text{уст}}} P_{\text{дл } i} P_{\text{ном } i} - \overline{\delta P}_{дл} P_{\text{ном}}^{\text{max}} &\geq P_{\text{max}}^{30\text{мин}} \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Здесь $n_{\text{уст}}$ – число установленных ДГУ; $P_{\text{ном}}^{\text{max}}$ – номинальная мощность самого мощного ДГ.

Заключение

Предложенный подход к выбору типа ДГУ при проектировании автономных систем электроснабжения требует подробного рассмотрения технико-экономических характеристик агрегатов. Предлагаемые основы проектирования могут обеспечить наиболее полное использование положительных свойств дизеля и системы электромеханического преобразования энергии в результате улучшить технико-экономические характеристики автономных систем

электрообеспечения в целом по следующим показателям: массогабаритным – за счет уменьшения $P_{уст}$ и уменьшения необходимых запасов топлива; эксплуатационному расходу топлива, смазочного масла и других эксплуатационных материалов; ресурсу работы ДГУ.

Список литературы:

1. Абсалямов Д.Р., Аитов Р.Н., Дружинин П.В. Энергоресурсосбережение при эксплуатации автономных источников за счет оптимального регулирования частоты вращения дизель-электрической установки с асинхронизированным синхронным генератором / Труды ВКА им. А.Ф.Можайского – СПб.: ВКА им. А.Ф.Можайского, 2017. – выпуск № 657. – С. 60-66.
2. Орлов А. В., Дружинин П. В., Лукин В. В. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. – В кн.: Проблемы создания и использования двигателей с высоким наддувом. Харьков, ХПИ им. В. И. Ленина, 1979. 288 с.
3. Дружинин П.В., Абсалямов Д.Р., Аитов Р.Н. Повышение энергоэффективности при эксплуатации системы электрообеспечения наземных комплексов космического назначения путем применения дизель-генераторных установок с переменной частотой вращения / Труды ВКА им. А.Ф.Можайского – СПб.: ВКА им. А.Ф.Можайского, 2017. – выпуск № 658. – 270 с. (стр. 85-92).
4. Крутов В. И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. М.: Машиностроение, 1978. 472.

Способ коррекции динамических свойств объектов управления, заданных моделью «вход-выход»

A method for correcting the dynamic properties of control objects specified by the input-output model

Аннотация. Рассматривается метод коррекции динамических свойств объектов, заданных моделью «вход-выход» (в частности, электромеханических преобразователей энергии) в системах автоматического управления. Этот метод основан на дополнении объектов управления алгоритмической частью с новыми входами.

Abstract. The method of correction of dynamic properties of objects specified by the input-output model (in particular, electromechanical energy converters) in automatic control systems is considered. This method is based on the addition of control objects with an algorithmic part with new inputs

Ключевые слова: система автоматического управления, объект управления, динамический нелинейный, нестационарный, время запаздывания, коррекция.

Keywords: automatic control system, control object, dynamic nonlinear, non-stationary, delay time, correction.

Введение

В настоящее время заметна тенденция к оснащению объектов МО РФ быстродействующими микропроцессорными средствами управления. В технических системах специальных объектов все чаще применяются мощные биполярные транзисторы, запираемые тиристоры и др. Такие системы предъявляют высокие требования к качеству электроэнергии, что в свою очередь повышает требования к системам регулирования напряжения и частоты переменного тока.

Источниками электрической энергии на многих объектах МО РФ, особенно в удаленных районах, являются дизель-генераторы в которых для регулирования частоты вращения применяются однорежимные регуляторы. Сам дизель-генератор можно считать инерционным звеном с большим значением постоянной времени объекта T_0 . При набросах нагрузки, соизмеримой с мощностью самого дизель-генератора его свойства как объекта регулирования частоты вращения (в большей степени это относится к T_0) меняются. Это приводит к ухудшению качества регулирования на переходных режимах.

Если в качестве первичного двигателя синхронного генератора применяется газовая или паровая турбина, то изменение температуры и давления рабочего тела в турбине также приводят к значительному изменению постоянной времени объекта T_0 и времени запаздывания τ , что в свою очередь приводит к несоответствию настроек регулятора реальным процессам проходящим в установке.

Создание современных энергоэффективных электромеханических и тепломеханических преобразователей переменного тока [1] идет по нескольким направлениям. Одним из таких направлений является совершенствование алгоритмов функционирования систем управления [2].

Однако, наличие в таких системах нелинейностей, нестационарных параметров и элементов с запаздыванием создает существенные трудности в обеспечении заданных показателей качества управления, таких как запас устойчивости, быстродействие,

перерегулирование, точность [3]. Эти трудности создают, например, нелинейная зависимость магнитного потока от тока в обмотках, изменение параметров в зависимости от температуры, запаздывание, возникающее при использовании тиристорных преобразователей [4]. Сказанное справедливо и для нетрадиционных энергетических систем, например, дизель-электрических установок, работающих по замкнутому циклу, в которых существенно влияние запаздывания [5].

Для высокой динамической точности регулирования необходимо изменение настроек регулятора или коррекция свойств объекта регулирования (если это возможно) за счет предлагаемого алгоритмического расширения.

При синтезе систем автоматического управления (далее – САУ) структура и параметры регулятора выбираются из условия полной или частичной компенсации (коррекции) влияния нелинейностей, нестационарности и временной задержки объекта управления, а в итоге – из условия достижения заданных (требуемых) показателей качества системы управления в целом.

Перечислим некоторые из известных направлений коррекции свойств объектов управления:

1. Компенсация статических нелинейностей с помощью корректирующих нелинейных звеньев (в этом случае чаще всего, используется нелинейная обратная функция звена);

2. Компенсация (коррекция) динамических нелинейных или линейных неустойчивых объектов с помощью стабилизирующих обратных связей по выходу объекта (или производных от выхода) [9];

3. Компенсация внутренних перекрестных связей между каналами объекта путем введения компенсирующих сигналов [1] Такой способ часто используется в современном электроприводе при векторном управлении двигателей переменного тока;

4. Особо отметим линеаризацию нелинейной системы, описанную в пространстве состояний, с помощью обратной связи охватывающую объект управления. Линеаризация обратной связью (ЛОС) является не приближенным, а эквивалентным преобразованием: в результате ЛОС получается система, эквивалентная исходной системе. При ЛОС управление u заменяется новым управлением v . Функция преобразования, кроме нового управления, включает вектор состояния (в частном случае только выходную переменную). Поэтому при этом преобразовании объект охватывается обратной связью. Отсюда и название этого преобразования — преобразование обратной связью [10].

Заметим, что последний подход является одним из направлений геометрических методов анализа и синтеза САУ [11];

5. Для компенсации времени запаздывания в объекте используются различные методы [6]. Но в общем случае способ компенсирования и коррекции САУ является предметом разработки и исследования;

Ниже предлагается способ формализации (относительно простой по сравнению с предлагаемыми в работах [10, 11]) процесса коррекции динамических свойств САУ за счет непосредственно коррекции динамических свойств объектов управления, заданных моделью «вход-выход». Вопрос технической реализации предлагаемого подхода в данной работе не обсуждается.

Способ решения задачи

Как правило, нелинейности, переменные параметры и запаздывание являются свойствами объекта управления. Предполагается, прежде чем синтезировать регулятор, попытаться осуществить «алгоритмическое расширение» -АР объекта введением дополнительных звеньев и связей, в том числе обратных с тем, чтобы у скорректированного объекта создать такие новые

входы, по которым объект становится линейным, стационарным и без запаздывания. Далее будем понимать под коррекцией - коррекцию в виде «алгоритмического расширения».

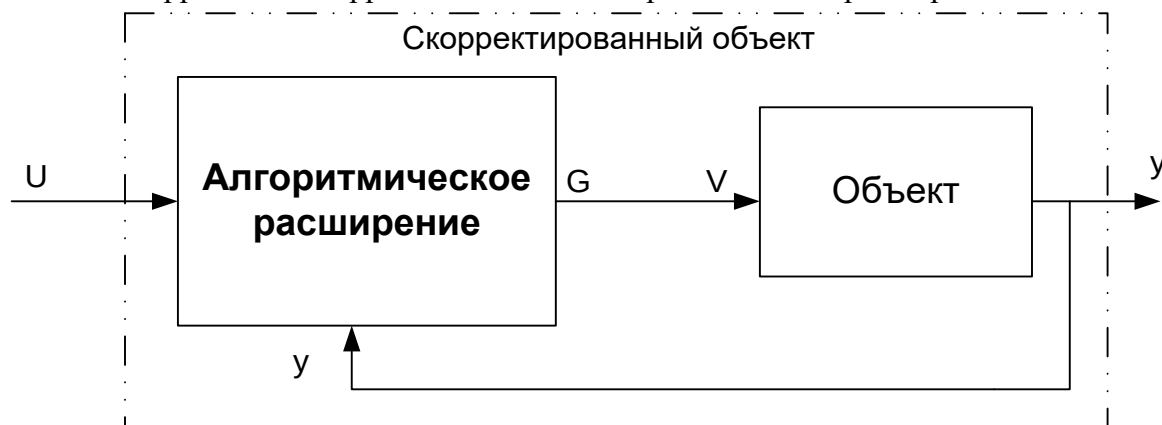


Рис.1 Структура одномерного скорректированного объекта

На рис.1 приведена структура такого одномерного скорректированного объекта. Входная переменная объекта – V , входная переменная АР-объекта – U . Выход G блока алгоритмического расширения является входом V для объекта. Алгоритмическое расширение реализуется в виде $G = F(U, y)$. Вид функции F определяется математической моделью объекта и требованиями линейности скорректированного объекта по входу U .

Порядок нахождения функции F для одномерного объекта следующий:

1. Строится желаемая линейная математическая модель скорректированного объекта, здесь U и y – вход и выход соответственно;
2. Для математической модели объекта в качестве входного сигнала V используют выходной сигнал G блока алгоритмического расширения (рис.1);
3. Функция F определяется путем использования переменных желаемой модели (п.1). При этом автоматически вводится новый входной сигнал U .

Условия осуществимости такой коррекции:

1. Реализуемость функции F ;
2. Выполнения условия:

$$V_{max} < G < V_{min} \quad (1)$$

где V_{max} и V_{min} – границы допустимого диапазона входных сигналов для реального объекта.

Пример 1. Коррекция нестационарного объекта.

Пусть математическая модель нестационарного объекта есть:

$$T(t) \frac{dy}{dt} + y = k_0 V \quad (2)$$

где $k_0 = const$, $T(t)$ – параметр, зависящий от времени.

Желаемую математическую модель скорректированного объекта выберем в виде.

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_0 U \quad (3)$$

где $T_0 = const$, U – новая входная переменная.

Тогда функция G определится из следующего уравнения.

$$T(t) \frac{dy}{dt} + y = k_0 G \quad (4)$$

Из уравнения (3) найдём:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{k_0 U - y}{T_0} \quad (5)$$

После подстановки (5) в (4) получим:

$$G = \frac{1}{k_0} \left[\frac{T(t)}{T_0} (k_0 U - y) + y \right] \quad (6)$$

На рис.2 представлена структура скорректированного объекта с постоянными параметрами, динамика которого описывается уравнением;

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_0 U$$

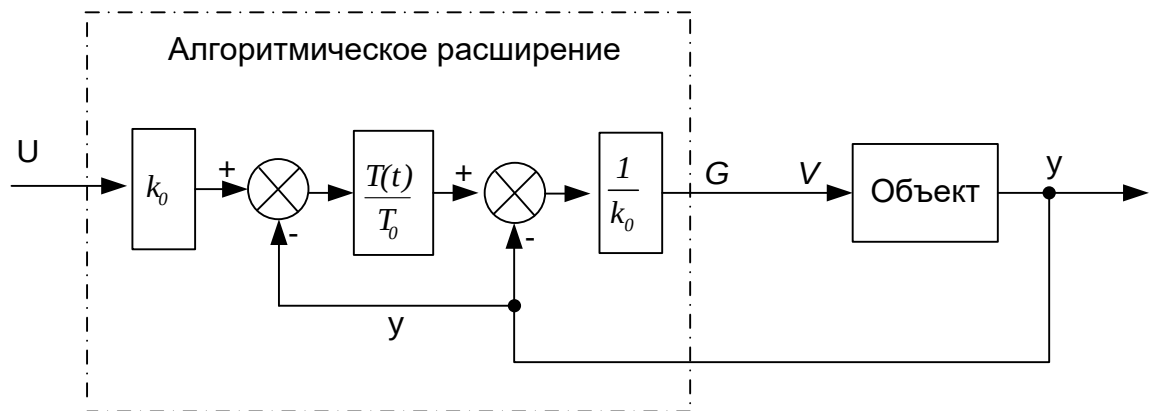


Рис. 2 Скорректированный объект с постоянными параметрами; U -управляющая переменная, y -выход объекта

Данный пример носит общий характер в том смысле, что знание функции $T(t)$ может быть либо априорной информацией, либо T -зависит от параметра системы величину которого можно отследить во времени. Очевидно, предлагаемый подход может быть использован в электроприводе с переменным (но известным во времени) моментом инерции. Заметим также, что величина постоянной времени T зависит (практически всегда) от выбора рабочей точки которой соответствует пересечение статических характеристик объекта. (Причем, очень часто, хотя бы одна из них является нелинейным) Далее приведем пример, где изменение параметра T можно отследить по известным статическим характеристикам объекта.

Пример коррекции нелинейного нестационарного динамического объекта.

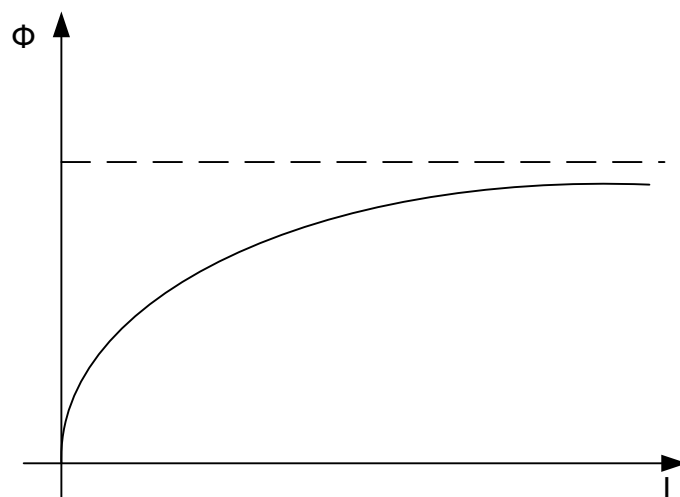


Рис.3 Качественная зависимость $\Phi(I)$ с тенденцией к насыщению.

В качестве нелинейного нестационарного динамического объекта рассмотрим цепь независимого возбуждения двигателя постоянного тока с учетом нелинейной зависимости магнитного потока Φ от тока возбуждения I , а также зависимости активного сопротивления

обмотки возбуждения R от температуры. Так как температура есть функция времени, то $R(t)$ является нестационарным параметром, но при этом достаточно точно измеряемым на практике. Кривая насыщения электрической машины является достаточно точно известна и носит общий характер показанный на рис.3. В этом случае уравнение цепи возбуждения будет иметь вид:

$$L(I) \frac{dI}{dt} + R(t)I = V \quad (7)$$

где динамическая нелинейность: $L(I) = \frac{d\Phi(I)}{di}$, а V – напряжение возбуждения. Входным сигналом для этого одномерного объекта является V , а выходом – I .

Желаемая математическая модель скорректированного объекта:

$$L_0 \frac{dI}{dt} + R_0 I = U \quad (8)$$

Где L_0 и R_0 – постоянные параметры, U – новый входной сигнал для объекта.

Для нахождения функции F в (7) вместо V используем выходную переменную G блока алгоритмического расширения:

$$L(I) \frac{dI}{dt} + R(t)I = G = F\left(\frac{dI}{dt}, I\right) \quad (9)$$

Возможны два пути использования (8) для формирования AP -объекта. Получаем соответственно два решения.

Первый вариант.

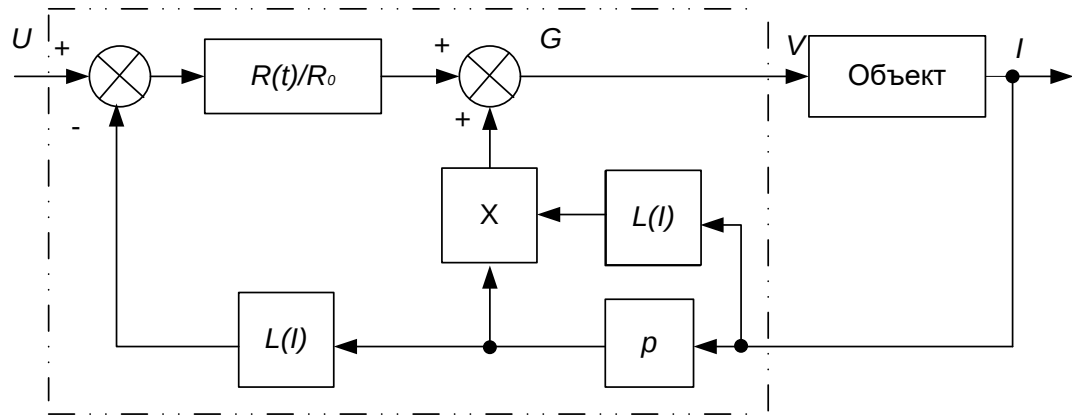


Рис.4 Структурная схема скорректированного объекта –первый вариант (где p –оператор дифференцирования).

Из (8) найдем I и подставим в (9):

$$G = L(I) \frac{dI}{dt} + \frac{R(t)}{R_0} \left(U - L_0 \frac{dI}{dt} \right) \quad (10)$$

Структурная схема такого скорректированного объекта приведена на рис.4, для него вход U – линейный, апредаточная функция:

$$\frac{I(s)}{U(s)} = W(s) = \frac{k}{1+Ts} \quad (11)$$

Где s – комплексная переменная преобразования Лапласа, $k = \frac{1}{R_0}$, $T = \frac{L_0}{R_0}$.

Второй вариант.

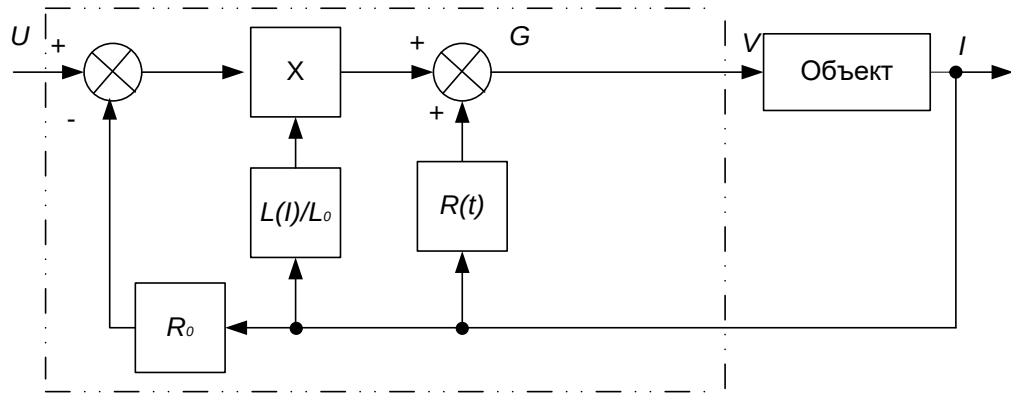


Рис.5 Структурная схема скорректированного объекта второй вариант.

Найдем $\frac{dI}{dt}$ из (8) и подставив в (9), получим:

$$G = \frac{L(I)}{L_0} (U - R_0 I) + R(t) I \quad (12)$$

На рис.5 приведена структурная схема скорректированного объекта, соответствующего (12), но имеющего ту же, передаточную функцию (11). Второй вариант лучше, т.к. обходится без дифференцирования выходного сигнала. Возможно ли применение такого подхода в системах подчиненного управления электроприводом с компенсацией больших инерционностей, пожалуй остаётся открытым вопросом.

Пример коррекции нелинейного нестационарного динамического объекта с запаздыванием.

Пусть математическая модель объекта имеет вид:

$$T(t) \frac{dy}{dt} + y^2 + y(t - \tau(t)) = k(t)V \quad (13)$$

Такую модель может иметь реальный объект, содержащий в своей структуре обратную положительную связь с запаздыванием [11]. Зависимости $T(t)$ и $\tau(t)$ могут быть определены как функции от скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания.

Желаемая математическая модель скорректированного объекта:

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_0 U \quad (14)$$

Где T_0 и k_0 – константы, U – новый входной сигнал для АР-объекта. Выполнив преобразования из (14) $\frac{dy}{dt}$, окончательно получим:

$$G = \frac{1}{k(t)} \left[\frac{T(t)}{T_0} (k_0 U - y) + y^2 + y(t - \tau(t)) \right] \quad (15)$$

Тогда по входу U скорректированного объекта будет линейным с предполагаемой передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k_0}{1 + sT_0}$$

Выводы

При синтезе САУ целесообразно, если это возможно, используя алгоритмическое решение создать у скорректированного объекта новые входы, по которым он будет линейным. Это упрощает выбор структуры и параметров регулятора, а так же позволяет гарантировать выполнение заданных показателей качества процесса управления в большом диапазоне изменения переменных.

Реализация алгоритмического расширения скорректированного объекта может быть выполнена как на аппаратном уровне (аналоговым или микропроцессорном), так и программном (используя управляющую ЭВМ).

Рассмотренный подход к коррекции динамических свойств может применяться к многомерным объектам управления.

Неточность в математической модели объекта управления отразится на качестве коррекции. Качественная и количественная сторона этого вопроса требует отдельного рассмотрения.

Список литературы:

1. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анучин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 373 с;
2. Krzeminski Z., Wlas M., *Control of over synchronous cascade applied in variable speed electrical power generator*. Proc. UEES'96, Szczecin and Miedzyzdroje. December 15-17 1996, pp89-98.
3. Ишматов З.Ш., Федосеев А.А. «Анализ робастности типовых систем управления электроприводом». Электротехника №9 2014 с.35-40.
4. Терехов В.М., Осипов О.И. «Системы управления электроприводов». - М.: Академия, 2005. - 300 с.
5. Ястребов В., Горлов А., Семинский В., Электроэнергетические установки подводных аппаратов. Судостроение, Ленинград, 1987.
6. Филимонов А.Б. «Спектральный метод построения упреждителей для объектов с запаздыванием» Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 6. с. 2-9.
7. Чекалов Ю.Н. «Тепловые энергетические установки на замкнутом цикле для неатомных подводных лодок и аппаратов» //Судостроение. 1995. №4. С.15-19.
8. А.А. Первозванский Курс теории автоматического управления Москва «наука» 1986.
9. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб, пособие. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 464 с. 5;
10. А.А. Аграчев, Ю.Л. Сачков Геометрическая теория управления. М. Физмалит, 2005.- 392 с.
11. Беляев М.А., Филимонов В.И. Особенности управления энергетическими установками работающими по специальному циклу. В сборнике: Вычислительные, измерительные и управляющие системы. Сборник научных трудов. Санкт-Петербургский государственный технический университет. Санкт-Петербург. 1996 с.19-23.

Научная постановка задачи обоснования рационального состава средств защиты военной автомобильной техники от обнаружения и поражения
Scientific statement of the problem of substantiating the rational composition of the means of protection of military vehicles from detection and destruction

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос математической постановки задачи обоснования рационального состава средств защиты военной автомобильной техники (ВАТ) от обнаружения и поражения.

Abstract: The article deals with the mathematical formulation of the problem of substantiating the rational composition of the means of protection of military automotive equipment (VAT) from detection and destruction.

Ключевые слова: защищенная автомобильная техника, средства защиты, средства снижения заметности, технические объекты, технические решения.

Key words: protected automotive equipment, protective equipment, means of reducing visibility, technical objects, technical solutions.

Опыт современных вооруженных конфликтов показал востребованность и высокую эффективность применения защищенной автомобильной техники. Особенно широкое применение она получила в зарубежных армиях, участвующих в боевых действиях на Ближнем Востоке, на Кавказе и Сирии. Определенный прогресс наметился и в оснащении защищенными автомобилями Вооруженных сил Российской Федерации (ВС РФ) [1,2]. В настоящее время завершена разработка и приняты на снабжение ВС РФ защищенные автомобили семейства «Тайфун-К» разработки ПАО «КАМАЗ» (модели КАМАЗ-63968, КАМАЗ-63969, ЗА-53949 и их модификации) и защищенные автомобили семейства «Тайфун-У» разработки АО «АЗ «УРАЛ» (модели УРАЛ-63095, УРАЛ-63099 и их модификации). На шасси данных защищенных автомобилей монтируются различные комплексы вооружения для нужд инженерных войск (ОКР «Клещ»), воздушно-десантных войск (ОКР «Тайфун-ВДВ», ОКР «Глыба»), войск связи (ОКР «Кассиопея», ОКР «Созвездие-2015»), войск радиационной биологической и химической защиты (ОКР «Богомаз») и для других органов военного управления.

Основными поражающими факторами для военной автомобильной техники (далее – ВАТ) с учетом специфики ее применения в боевых условиях являются пули стрелкового оружия, осколки и фугасное воздействие артиллерийских снарядов, мин и самодельных взрывных устройств (СВУ), кумулятивные головки ручных противотанковых гранат (РПГ). В крупномасштабных военных конфликтах планируется широкое применение технических средств разведки и высокоточного оружия (ТСР и ВТО), а также существует угроза применения оружия массового поражения (ОМП) [3,4]. Ведутся разработки потенциально опасного для ВАТ оружия на новых физических принципах (ОНФП). Поэтому ВАТ, которая является основным средством подвижности различных видов вооружения и военной техники, должна обладать высокими уровнем защиты при требуемых показателях грузоподъемности и подвижности [5,6].

Попытки повышения уровня защиты образцов ВАТ с использованием существующих материалов и технологий привело к значительному росту их массовых характеристик и

снижению подвижности. На защищенных образцах ВАТ в значительной степени израсходован потенциал грузоподъемности из-за наращивания уровня защиты от поражающих факторов оружия.

Для разрешения указанного противоречия в настоящее время за рубежом активно ведутся работы по созданию новых, более эффективных броневого материалов, защитных систем и технических средств, позволяющих значительно снизить снаряженную массу защищенных автомобилей. К таким разработкам можно отнести новые виды композиционной брони четвертого поколения немецкой компании Ingenieur Büro Deisenroth (IBD), Plasan Sasa и Israel Military Industries (Израиль), CeramTec-ETEC и IBD (Германия), Bristol Composite Materials Engineering Ltd. (Великобритания), прозрачной брони типа ALON (США) и др.

Основные усилия сосредоточены на баллистической и противоминной защите, защите от кумулятивных боеприпасов, самодельных взрывных устройств, средств обнаружения, целеуказания и наведения. Ведутся также работы по защите образцов военной техники от оружия, создаваемого на новых физических принципах.

Научно-технический задел, накопленный в ходе создания образцов семейств отечественных защищенных автомобилей «Тайфун-К», «Тайфун-У» и «Тайфун-ВДВ», используется при обосновании технического облика (схем, средств и материалов для противопульной, противоосколочной, противоминной защиты, средств снижения заметности) перспективных защищенных автомобилей.

Средства защиты для ВАТ, используемые в целях повышения уровня защищенности от обнаружения (распознавания) и поражения, представляют собой сложные технические системы, характеризующиеся совокупностью технических характеристик (параметров)

$$X = \{x_j, j = \overline{1, N}\}, \quad (1)$$

где x_j - значение j – й технической характеристики (параметра);

N - множество значений индексов технических характеристик системы.

При постановке задачи исследования целевой установкой является обоснование состава средств защиты для образцов семейств защищенных автомобилей, входящих в состав перспективного перечня ВАТ на период до 2030 г., с учетом предъявляемых к ним тактико-технических требований, условий функционирования, решаемых ими задач, а также совместимости отдельных элементов.

При обосновании качественного состава средств защиты ВАТ принимаются следующие основные допущения и ограничения:

формирование рационального состава средств защиты осуществляется на множестве как существующих, так и перспективных технических средств и способов защиты (технических объектов, технических решений);

количество типов средств защиты конечно и не менее существующего количества типов средств, используемых в настоящее время;

формирование рационального состава средств защиты ВАТ осуществляется с учетом требований к заданному уровню защиты образца без снижения его основных ТТХ, что, безусловно, наложит определенные ограничения (в части запаса грузоподъемности, проходимости, стоимости средств защиты и др.).

В качестве типов, определяющих назначение средств защиты i , могут рассматриваться:

средства снижения заметности ВАТ от ТСП и ВТО;

средства противопульной и противоосколочной защиты;

средства защиты от мин и СВУ;

средства защиты от кумулятивных РПГ;

средства защиты от поражающих факторов ОМП;

средства защиты от ОНФП.

Содержательная и математическая постановка задачи исследования может быть представлена следующим образом.

Пусть имеется множество D альтернативных вариантов исполнения каждого из технических средств (средств защиты), которые могут быть включены в состав индивидуального комплекта, т.е. множество D есть совокупность отдельных элементов (образцов)

$$d_{ij} \in D, i=1, \overline{I}; j=1, \overline{J}, \quad (2)$$

где i - тип средства (по его назначению);

j - вариант технического исполнения (модификация) средства данного типа.

Указанное множество D включает в себя два подмножества – подмножество существующих средств защиты D^s и подмножество перспективных средств защиты D^p , т.е.

$$D = D^s \cup D^p, \quad (3)$$

$$D^s \cap D^p = \emptyset \quad (4)$$

Из числа средств, входящих во множество D , формируются усеченные подмножества D_t , которые включаются в состав комплектов t – го типа для оснащения определенного защищенного автомобиля

$$D_t \subseteq D, \quad (5)$$

где t – тип комплекта (например, $t = 1$ – индивидуальный комплект для объекта типа защищенный автомобиль колесной формулы 4х4 (например, УРАЛ-53099); $t = 2$ – индивидуальный комплект для объекта типа защищенный автомобиль колесной формулы 6х6 (например, УРАЛ-63099) и т.д.).

При этом выбранные по определенному критерию подмножества $D_1, D_2, \dots, D_l$ множества D , представляют собой некоторое новое множество включенных в комплекты средств защиты D_v , содержащее подмножества как существующих, так и перспективных средств защиты, т.е.

$$D_v = D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_l, \quad (6)$$

$$D_v = D_v^s \cup D_v^p. \quad (7)$$

Следует учесть то, что множество D_v не может и не должно быть пустым (т.е. $D_v \neq \emptyset$).

Отбор элементов множества D для включения их в подмножество D_v с целью последующего выбора рационального состава комплектов средств защиты для ВАТ, и поиск, при необходимости, новых (недостающих) элементов подмножества D_v^p могут быть произведены с использованием существующих экспертных методов, методов логического анализа и синтеза технических решений, например, параметрического синтеза технических объектов, а также с использованием интерактивных процедур поиска [7, 8]. Дальнейшее определение рационального варианта комплекта средств защиты может производиться с использованием различных математических моделей и методов.

Таким образом, из множества D_v требуется выбрать такое подмножество технических объектов $D_v^o \subset D_v$, чтобы по одному наиболее предпочтительному или нескольким критериям оценки рекомендуемый вариант технической системы был наиболее рациональным среди рассматриваемых вариантов. Указанная задача может иметь приемлемое решение только при наличии достаточной исходной совокупности элементов множества D_v^s и множества D_v^p .

Результаты предварительного анализа как отдельных средств защиты, предполагаемых для включения в состав комплектов, имеющих различные технические характеристики и зачастую собственные критерии функционирования (эффективности), так и всей технической системы в целом с ее многими переменными и связями между объектами, показывают, что выбор

рационального состава комплекта средств защиты по какому-либо одному показателю весьма затруднителен и практически невозможен.

Это обусловлено и тем, что для различных случаев (вариантов) применения комплектов средств защиты в боевых условиях аналитически не представляется возможным определить функциональную зависимость показателя эффективности функционирования системы (целевой функции) $F(X)$ от значений отдельных показателей x ввиду влияния большого числа факторов. Применение же методов математического моделирования боевых действий на одном из стратегических направлений характеризуется не только сложностью формализации моделей такого уровня, но и существенными затратами машинного времени для расчетов только по одному варианту построения комплекта.

В этой связи, для решения поставленной задачи исследования наиболее целесообразным представляется использование нескольких локальных критериев оценки и применение методов векторной оптимизации. В качестве отдельных локальных критериев оценки качественного состава формируемой технической системы (комплектов средств защиты) могут быть приняты:

- показатели заметности ВАТ в видимом, ИК и РЛ диапазонах длин волн;
- показатели противопульной и противоосколочной защиты ВАТ;
- показатели защиты ВАТ от мин и СВУ;
- показатели защиты ВАТ от кумулятивных РПГ;
- показатели защиты ВАТ от поражающих факторов ОМП;
- показатели защиты ВАТ от ОНФП.

В основу математической модели, которая позволяет описать исследуемый объект, а именно образец ВАТ со средствами защиты, как сложную техническую систему, положим векторную модель. В формализованном виде описание такой математической модели будет иметь следующий вид.

Пусть $X = \{x_j, j = \overline{1, N}\}$ – вектор переменных модели (изменяемых технических параметров системы), который принадлежит пространству N – мерных векторов (пространству переменных модели) $X \in R^N$.

При этом предполагается, что вектор переменных $X \geq 0$, а функциональная взаимосвязь переменных устанавливается определенными соотношениями, на которые могут быть наложены ограничения следующего вида

$$G(X) \leq B, g_i(X) \leq b_i, i = \overline{1, M}, \quad (8)$$

где b_i – ограничивающие значения параметров (технических характеристик);

B – множество ограничивающих значений параметров;

$g_i(X)$ – значения технических характеристик, которые удовлетворяют требованиям;

$G(X)$ – множество значений технических характеристик, удовлетворяющих требованиям.

M – множество значений индексов ограничений, входящих в математическую модель. По своей сути указанные ограничения могут носить характер параметрических, функциональных или критериальных ограничений [7].

Указанные соотношения (8) определяют допустимую область значений переменных S , включенную в пространство переменных $S \in R^N$.

Функционирование технической системы (образца ВАТ, оснащенного средствами защиты) направлено на выполнение определенных целей (критериев), функционально связанных с вектором переменных $f_k(X)$, $k = \overline{1, K}$, где K – множество значений индексов критериев. Данное множество критериев $f_k(X) \in F(X)$ может быть представлено в виде векторной целевой функции (векторного критерия)

$$F(X) = \{ f_k(X), k = \overline{1, K} \}. \quad (9)$$

С учетом предположения, что каждая из составляющих векторной целевой функции (каждый критерий) направлена на улучшение своего значения, задача многокритериального выбора может быть решена как задача выбора допустимого вектора переменных $X \geq 0$ из области ограничений (8) по векторному критерию $F(X)$ и согласно [7-9] может быть записана в следующем виде:

$$\max F(X) = \{ f_k(X), k = \overline{1, K} \}, \quad (10)$$

$$G(X) \leq B, X \geq 0. \quad (11)$$

При этом предполагаем, что множество точек S , определяющих допустимую область вектора переменных, является непустым множеством

$$S = \{ X \in R^N / X \geq 0, G(X) \leq B \} \neq \emptyset \quad (12)$$

и представляет собой компакт, что свидетельствует о наличии решения задачи по каждой составляющей векторного критерия $k = \overline{1, K}$.

Кроме того, считаем, что точки оптимума x_k^* , $k = \overline{1, K}$, получаемые при решении задачи по каждому критерию $f_k(X) \in F(X)$ отдельно, не совпадают. Поэтому решением задачи выбора рационального состава средств защиты ВАТ может быть только какое-либо компромиссное решение, удовлетворяющее в том или ином смысле все составляющие векторного критерия (оптимальным по Парето).

Решение данной задачи векторной оптимизации потребует предварительного рассмотрения вопросов нормализации локальных критериев, выбора принципа оптимальности, учета предпочтения (приоритета) критериев, вычисления оптимума и может быть осуществлено различными методами.

В частности, к таким основным методам относятся [7-9]:
методы, основанные на свертывании критериев в единый;
методы, построенные на наложении ограничений на критерии (метод последовательных уступок, метод ведущего критерия);
методы, целевого программирования;
методы, основанные на отыскании компромиссного решения;
методы интерактивного выбора оптимального решения.

С целью сокращения времени поиска рационального варианта состава средств защиты ВАТ, и, в тоже время, обоснованного формирования его качественного состава, наиболее приемлемо в данном случае использовать сочетание различных методических подходов, в частности метода целенаправленного поиска компромиссного варианта для различных состояний функционирования объекта защиты (образца ВАТ) и последующее свертывание полученных частных критериев эффективности в единый.

Таким образом, анализ различных подходов к решению задач такого рода [7-12] показывает, что для формирования рационального состава средств защиты ВАТ необходимо:

во-первых, установить по назначению количество типов средств защиты ВАТ, необходимых для каждого образца из состава действующего перечня (номенклатуры или Типажа) ВАТ;

во-вторых, сформировать достаточную совокупность средств и способов защиты, а в случае необходимости осуществить поиск новых технических решений;

в-третьих, осуществить выбор рационального варианта состава средств защиты ВАТ с учетом множества локальных критериев эффективности и действующих ограничений.

Список литературы:

1. А.А. Шевченко. Опыт применения защищенных автомобилей: Федеральный справочник. Оборонно-промышленный комплекс России 2018-2019. – Вып. 15. – М.: Центр стратегических программ, 2019. – С.287.
2. А.А. Шевченко. Проблемы и перспективы развития бронетанковой и автомобильной техники: Федеральный справочник. Оборонно-промышленный комплекс России 2009-2010. – Вып. 6. – М.: Центр стратегических программ, 2010. – С.226.
3. В.А. Киселев. К каким войнам необходимо готовить Вооруженные Силы России // Военная мысль. – 2017. – №3. – с. 37-46.
4. П.А. Дульнев, Л.Н. Ильин. Некоторые подходы к развитию системы вооружения соединений нового облика сухопутных войск // Вестник академии военных наук. – 2012. – №1 (38). – с. 126-134.
5. П.А. Дульнев, В.И. Литвиненко. Предлагаемые подходы к обобщенной оценке эффективности средств поражения, в том числе на новых физических принципах // Вестник академии военных наук. – 2015. – №2 (51). – с.147-151.
6. В.И. Литвиненко. Обобщенная оценка эффективности поражения противника, в том числе и оружием на новых физических принципах // Военная мысль. – 2015. – №10. – с. 56-61.
7. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. – М.: Мир, 1964. – 837 с.
8. Машунин Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации. – М.: Наука, 1986. – 144 с.
9. Статников Р.Б., Матусов И.Б. Многокритериальное проектирование машин. – М.: Знание, 1989. – 48 с.
10. Жилинскас А., Шалтянис В. Поиск оптимума. – М.: Наука, 1989. – 128 с.
11. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 288 с.
12. Матвеевский С.Ф. Основы системного проектирования комплексов летательных аппаратов.– М.: Машиностроение, 1987.–240 с.

Система контроля движения транспортных средств при перевозке твердых коммунальных отходов

Control system for the movement of vehicles during the transportation of municipal solid waste

Аннотация. В статье предлагается система контроля спецтранспорта по заданному маршруту перевозки твердых коммунальных отходов. Надежность работы системы обеспечивается схемными решениями, защищенными патентами на изобретения. Актуальность определяется тем, что в России катастрофически не хватает мощностей на переработку отходов. В этих условиях отходы отправляются на полигоны для захоронения. При этом неизбежно возникает проблема незаконных свалок. Грузовики с мусором (особенно строительным), сбрасывают его в любой безлюдной местности. Одного кубометра мусора достаточно чтобы 1 гектар леса оказался захлавленным.

Abstract. The article proposes a control system for special vehicles along a given route for the transportation of solid municipal waste. The reliability of the system is provided by circuit designs protected by patents for inventions. The relevance is determined by the fact that Russia is sorely lacking capacity for waste processing. Under these conditions, waste is sent to landfills for disposal. This inevitably raises the problem of illegal landfills. Trucks with garbage (especially construction garbage), dump it in any uninhabited area. One cubic meter of garbage is enough for 1 hectare of forest to be littered.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, специальное транспортное средство, маршрут движения, транспондеры, сложные сигналы с фазовой манипуляцией.

Keywords: municipal solid waste, special vehicle, route of movement, transponders, complex signals with phase shift keying.

Проблема отходов жизнедеятельности человека приобрела глобальные масштабы. По сути, она угрожает будущему человечества. Каждый год на планете образуется более 2 млрд. тонн твердых бытовых отходов, и эта цифра продолжает быстро расти [8]. Особую опасность для природы представляют отходы пластика: они крайне медленно разлагаются естественным путем, загрязняют планету и отравляют все живое [7]. В разных странах по-разному относятся к утилизации отходов: например, в России только начало обновляться законодательство по мусорным вопросам, а в Японии уже давно действует глубокая сортировка, и каждый вид мусора стараются перерабатывать [13].

Переработка мусора не только благоприятно влияет на экологическую ситуацию, но и способствует улучшению экономики страны: ежегодный оборот в этом бизнесе достигает 70

миллиардов евро, а на мусороперерабатывающих предприятиях работают более 250 тыс. человек. Прибыльность таких предприятий продолжает расти, и они никогда не останутся без работы.

Так в Германии на государственном уровне создана масштабная система переработки: до 60-80% мусора перерабатывается с целью получения вторичного сырья или выработки электроэнергии. Более 15% всего сырья, используемого в стране, является вторичным, что позволяет существенно снизить нагрузку на окружающую среду.

Однако даже при такой успешно работающей системе мусорная тема остается нерешенной до конца [11]. Проблема заключается в растущем потреблении ресурсов и использовании огромного количества одноразовых предметов из пластика. Например, только за последние 25 лет количество выбрасываемой пластиковой посуды увеличилось в 6 раз, то же самое происходит с другим необязательным мусором. Так же выбрасывается огромное количество органических продуктов (еды), утилизация которых требует отдельных сложных технологических решений.

В России мощностей на переработку отходов катастрофически не хватает. В этих условиях отходы отправляются на полигоны для захоронения.

При этом неизбежно возникает проблема незаконных свалок. Грузовики с мусором (особенно строительным), сбрасывают его в любой безлюдной местности. Одного кубометра мусора достаточно чтобы 1 гектар леса оказался захламленным.

Решение проблемы в этих условиях – транспортировка мусора только специализированными транспортными предприятиями (например, «Спецтранс» в Санкт-Петербурге) и автоматизация контроля [6, 10]. Данное предприятие работает уже много лет строго по регламенту изложенному ниже.

Согласно ст.16 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» [1] транспортирование отходов должно осуществляться с соблюдением санитарно-эпидемиологических и экологических требований. Это подразумевает выполнение в обязательном порядке следующих условий:

- наличие паспорта отходов при транспортировании отходов I - IV класса опасности;
- наличие документации для транспортирования и передачи отходов, оформленной в соответствии с правилами перевозки грузов с указанием количества транспортируемых отходов, цели и места назначения их транспортирования.

С введением новой коммунальной услуги – «Обращение с отходами» региональный оператор имеет четкую позицию: не оплачивать услуги перевозчику, если точка забора твердых коммунальных отходов (ТКО) находится не на маршруте региональной схемы.

Данное требование вызвало необходимость осуществлять контроль движения спецтранспорта по заданному маршруту, т.е. его прохождение через контрольные пункты.

На сегодняшний день известен ряд систем, позволяющих решать данную задачу. Однако основной недостаток этих систем – неустойчивая работа приемо-передающих каналов в условиях организованных и непреднамеренных помех, характерных для крупных мегаполисов.

Предлагается схемное решение указанной проблемы путем расширения функциональных возможностей известных аналогов [2, 3, 12].

Устройство, реализующее данное решение, содержит аппаратуру, установленную на каждом контрольном пункте, и транспондеры, размещенные на специальных транспортных средствах, перевозящих ТКО.

Аппаратура, установленная на каждом контрольном пунктах (рис.1), содержит сканер 1, первый 2 и второй 30 блоки управления, первый 3 и второй 5 синтезаторы частот первого и второго радиодиапазонов, первый 4 и второй 6 синтезаторы частот первого и второго

ультразвуковых диапазонов, сумматор 7, дуплексер 8, приемопередающую антенну 9, усилитель 10 мощности, таймер 29, приемники 11.i и 32.k излучения, блоки 12.i и 33.k декодирования ($i=1,2,\dots, n$ и $k=1,2,\dots, p$) интерфейс 13, цифровую вычислительную машину 14, блок 15 отображения информации, сетевые каналы 17 систем информации и блок 31 отображения нарушения графика и маршрута движения спецтранспорта.

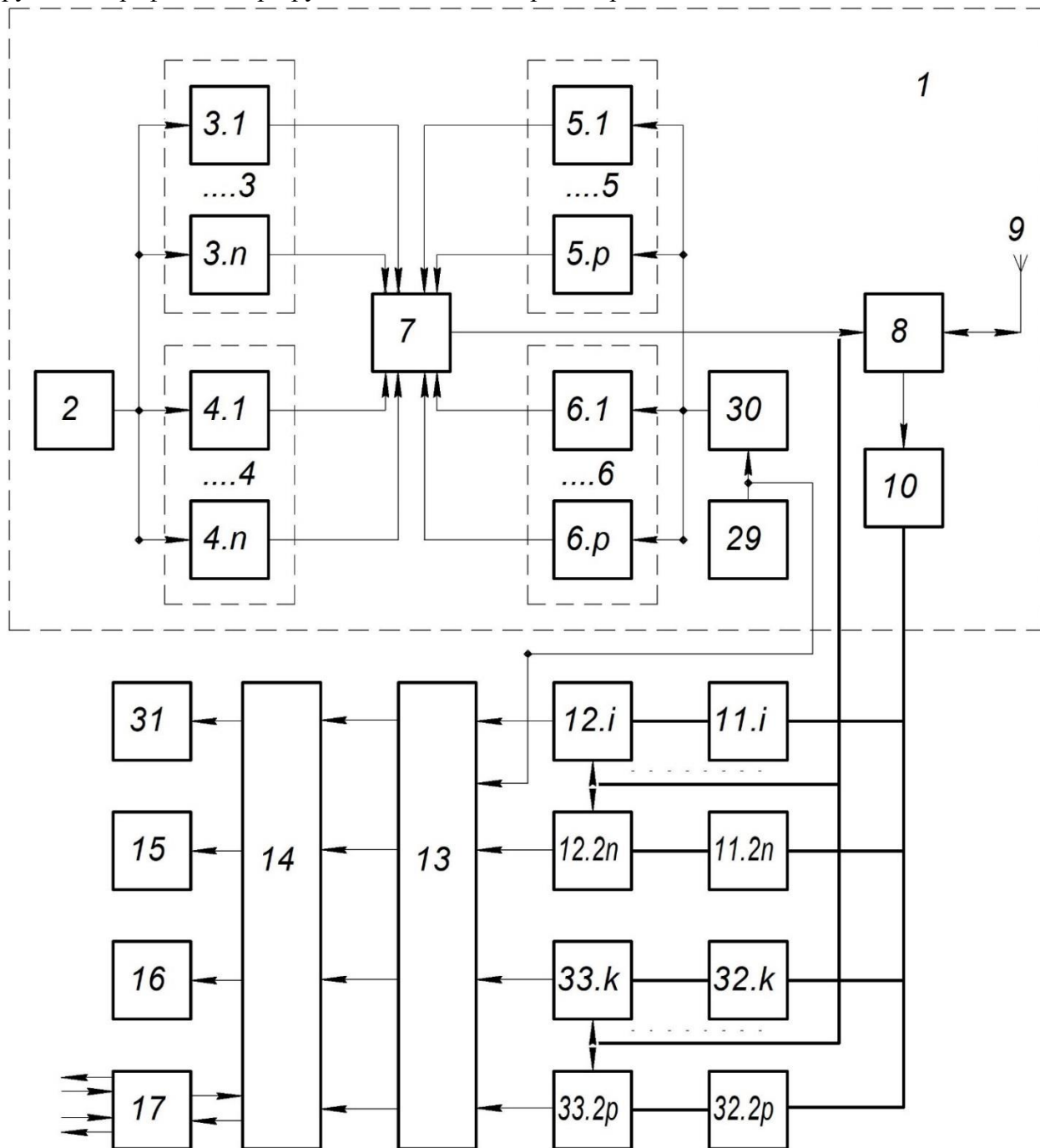


Рис.1. Структурная схема аппаратуры, установленной на контрольном пункте

Транспондер, установленный на каждом спецтранспорте, содержит пьезокристалл 34.1 микрополосковую приемопередающую антенну 35.1, гребенчатую систему электродов 36.1, 37.1, 40.1 и 41.1, шины 38.1, 39.1, 42.1 и 43.1, набор отражателей 44.1 ($\gamma=1,2,\dots, l$) (Рис.2).

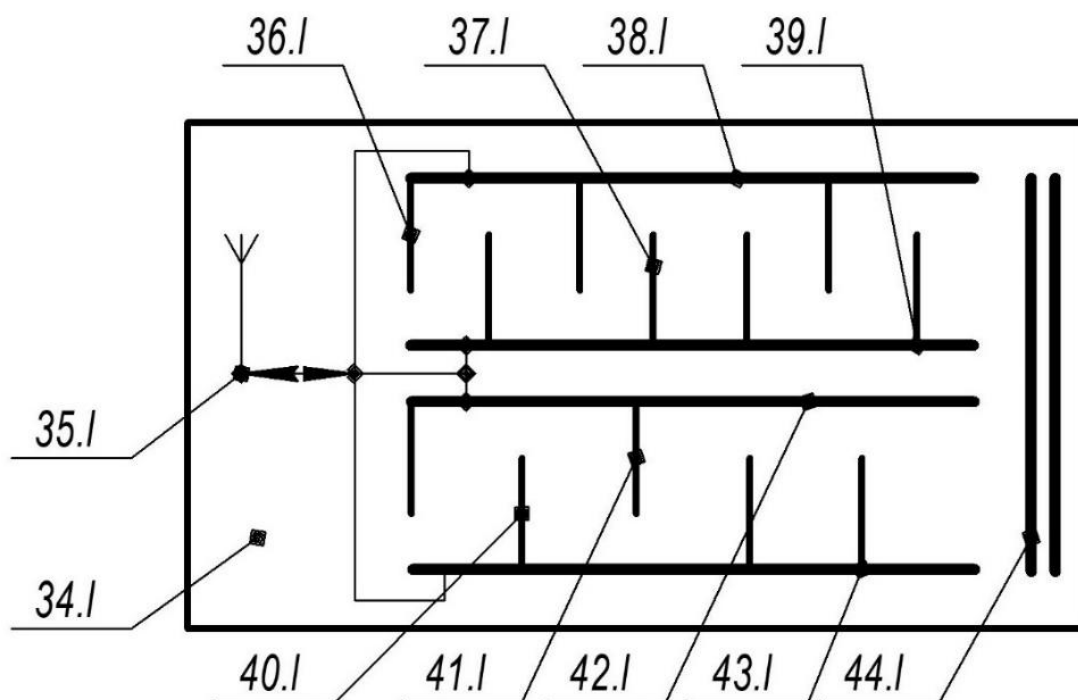


Рис.2 Функциональная схема транспондеров, на спецтранспорте

Для осуществления контроля за движением спецтранспорта, контрольные пункты размещаются вдоль маршрутов региональной схемы оператора, на самом транспорте размещают транспондеры, в качестве которых также используют пьезокристалл с нанесенным на его поверхность двумя алюминиевыми тонкопленочными встречно-штыревыми преобразователями, структура которых соответствует типу спецтранспорта и номеру его маршрута движения. При обработке сложных сигналов с фазовой манипуляцией выделяют коды, соответствующие типу спецтранспорта и номера его маршрута движения, сравнивают время и коды, принятые на контрольных пунктах, с установленным маршрутом движения и по результатам сравнения судят о следовании по маршруту.

Дополнительно в эту схему при необходимости можно включить элементы контроля внутренних параметров собранных отходов, для определения степени заполнения и качественного определения фракционного состава [9, 14, 16].

Таким образом, предполагаемые технические решения по сравнению с прототипами и другими техническими решениями аналогичного назначения обеспечивают повышение эффективности идентификации специальных транспортных средств при прохождении ими контрольных пунктов. Это достигается использованием пассивных транспондеров, устанавливаемых на транспортных средствах, размещением сканеров на контрольных пунктах, а также использованием сложных сигналов с фазовой манипуляцией. Данные сигналы обладают высокой энергетической и структурной скрытностью.

Основной особенностью пассивных транспондеров является малые габариты и отсутствие источников питания, а также устойчивость к тепловым и механическим воздействиям.

Энергетическая скрытность данных сигналов обусловлена их высокой сжимаемостью во времени или по спектру при оптимальной обработке, что позволяет снизить мгновенную

излучающую мощность. Вследствие этого сложный ФМН-сигнал в точке приема может оказаться замаскированным шумами и помехами. Причем энергия сложного ФМН-сигнала отнюдь не мала, она просто распределена по частотно-временной области так, что в каждой точке этой области мощность сигнала меньше мощности шумов и помех.

Структурная скрытность сложных ФМН-сигналов обусловлена большим разнообразием их форм и значительными диапазонами изменений параметров, что затрудняет оптимальную или хотя бы квазиоптимальную обработку сложных ФМН-сигналов априорно неизвестной структуры с целью повышения чувствительности приемника.

В заключении хочется отметить, что эти чисто гражданские технологии находят применение и в военном деле. И работы в этом направлении также идут [4, 5, 16].

Список литературы:

1. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "Об отходах производства и потребления".
2. Кашеев Р.Л. Устройство контроля параметров движения спецтранспорта, транспортирующего ТКО (черный ящик). Заявка на изобретение.
3. Дикарев В.И., Коновалов В.Б., Казаков Н.П., Березин Б.В., Королев Е.А. Устройство контроля параметров движения транспортных средств (черный ящик). Патент на изобретение РФ № 2656872, 2018.
4. Дикарев В.И., Коновалов В.Б., Казаков Н.П., Гринько Н.А. Система радиочастотной идентификации на объектах военного назначения. Патент на изобретение РФ № 2624556, 2017.
5. Булгаков Д.В., Дикарев В.И., Коновалов В.Б., Березин Б.В., Казаков Н.П., Топоров А.В., Смуров А.М. Радиочастотная идентификация в военном деле, гражданской техносфере и системах безопасности человека. Монография. - МО, СПб, 2018.
6. Саркисов С.В., Путилин П.А., Бабенков А.В., Вакуненко В.А. Применение цифровых технологий в системе эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Министерства обороны Российской Федерации // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S8 (9). С. 20-26.
7. Pivovarova I.I., Terekhin R.D., Sarkisov S.V., Sorokin A.A., Musatov V.I. Software implementation of fuzzy logic algorithms for environmental risk assessment // Journal of Physics: Conference Series (ICMSIT-2020). - 2020. - Vol. 1515. P. 022091. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/2/022091
8. Саркисов С.В. Экология: учебник. - СПб.: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2015, - 360 с.
9. Коновалов В.Б., Лопатин Н.В., Саркисов С.В., Эль-Салим С.З. Запах, как интегральный признак состояния окружающей среды // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2021. № 5 (17).- С. 9-24.
10. Bondarev A.V., Sarkisov S.V., Pivovarova I.I., Bolbyshev E.V., Korpusov A.N. Modeling an automated management system of technological processes in public energetics // I International Conference "ASEDU-I 2020: Advances in Science, Engineering and Digital Education" - 2020. - Vol. 1691. P. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012002
11. Коновалов В.Б., Зенкевич М.Ю., Кашеев Р.Л., Новиков Р.С., Прокофьев В.Е., Саркисов С.В., Янович К.В. Инновационные решения реабилитации природной среды в различных природно-климатических условиях на объектах военной инфраструктуры.

Особенности очистки нефтезагрязненных территорий в арктической зоне Российской Федерации: монография. - СПб: Изд-во ООО «Р-КОПИ». 2020. 232 с.

12. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Вакуненко В.А., Смелик А.А. Совместная работа Военного института (инженерно-технического) ВА МТО и Военного инновационного технополиса ЭРА // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 9 (10).- С. 9-22.

13. Кашеев Р.Л., Зенкевич М.Ю., Саркисов С.В., Янович К.В. Оценка военно-экономической эффективности функционирования комплекса сортировки твердых коммунальных отходов // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № 9 (10).- С. 251-264.

14. Коновалов В.Б., Саркисов С.В., Лопатин Н.В., Эль-Салим С.З. Контроль биоактивных веществ в точках сбора твердых коммунальных отходов // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2021. № S4 (16).- С. 18-29.

15. Кашеев Р.Л., Лопатин Н.В., Саркисов С.В., Эль-Салим С.З. Обзор и выбор методов аналитического контроля для оценивания экологического давления (опасности) твердых коммунальных отходов на окружающую среду // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2021. № S4 (16).- С. 30-40.

16. Топоров А.В., Коновалов В.Б., Саркисов С.В. Результаты апробации в сирийской арабской республике средств непрерывного контроля качества окружающей природной среды // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – СПб, НПО «Спецматериалы», 2021. – №3(118). – С. 173-183.

Формирование психологического компонента боевой подготовки личного состава караулов с применением дистанционных образовательных технологий

Formation of psychological component of combat training of guard personnel using remote educational technologies

Аннотация. В статье доказывается необходимость адаптации апробированного слайдового сопровождения очной лекции к применению в дистанционных условиях.

Авторами разработана и реализована нивелирующая отдельные недостатки ДОТ технология, способствующая успешному выполнению задач МЧС России по созданию инновационного класса подготовки личного состава подразделений пожарной охраны. Технология позволила создать педагогам условия для перехода от вербальных методов обучения к методам поисковой и творческой деятельности с учётом особенностей информационного поведения обучающихся.

Abstract. The article proves the need to adapt the tested slide accompaniment of a face-to-face lecture to use in remote conditions.

The authors developed and implemented DOT technology leveling certain shortcomings, which contributes to the successful implementation of the tasks of the EMERCOM of Russia to create an innovative training class for personnel of fire protection units. The technology allowed teachers to create conditions for the transition from verbal methods of training to methods of search and creative activity, taking into account the peculiarities of the informational behavior of students.

Ключевые слова: дистанционные образовательные технологии, боевая подготовка личного состава пожарной охраны, инновационный класс.

Keywords: remote educational technologies, combat training of fire department personnel, innovative class.

Известно, что профессиональная подготовка с применением дистанционных образовательных технологий (далее – ДОТ) существенно отличается от классического образовательного процесса. В наших предыдущих исследованиях [1-3, 5] было доказано, что педагогу необходимо готовить учебный материал с учётом модели информационного поведения обучающихся. В такой модели акцент с педагога как центральной фигуры переносится на обучающегося. Необходимо создание условий для перехода от вербальных методов обучения к методам поисковой и творческой деятельности педагога и обучающихся с учетом особенностей их информационного поведения.

Поэтому следует отметить, что перенос апробированного слайдового сопровождения очной лекции в онлайн-курс не является обоснованным с точки зрения психолого-педагогических исследований, и должен пройти процесс адаптации к применению в

дистанционных условиях. Это детерминирует значительное обновление методического обеспечения разрабатываемых дистанционных онлайн-курсов.

С этой точки зрения, актуально экспертное мнение психолога Л. Петрановской, что «сделать качественно дистанционные курсы с требуемой в экстремальной ситуации скоростью невозможно. Для того чтобы перенести живой курс в дистанционный, необходимо вытянуть все, что живой человек вытягивает во время коммуникации: мимику, тон, взгляд, шутки, переброс спонтанными репликами. Сегодня этого нет, и это должно вытягиваться какими-то картинками, инфографикой, анимацией, демонстрационными экспериментами или чем-то еще» [4].

Поэтому наша позиция состоит в том, что при организации профессиональной подготовки в дистанционном формате необходима разработка педагогической технологии, нивелирующей выявленные нами недостатки ДОТ [1-2]. Данная работа была проведена нами при формировании психологического компонента боевой подготовки личного состава караулов территориальных органов Главных управлений МЧС России по Новгородской области и Приморскому краю. Так, в соответствии с распоряжением первого заместителя министра МЧС России № 125 от 19.02.2021 об участие в конкурсе на создание инновационного класса подготовки личного состава подразделений пожарной охраны кафедра педагогики и психологии экстремальных ситуаций Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (далее – Университет) вошла в состав рабочей группы исполнителей 8-ми основных задач по разработке функциональных возможностей инновационного класса.

Первая задача состояла в разработке приложения электронной информационно-образовательной среды (далее – ЭИОС). В составе электронного приложения были определены три основных модуля:

модуль «учебный план» – для формирования тематических планов и расписания занятий;

модуль «конструктор электронных курсов» – для структурирования учебно-методических материалов, презентаций и видеоуроков;

модуль «интеллектуальная дуэль» – для проведения компьютерного тестирования среди личного состава караулов, пожарных частей, отрядов и главных управлений.

Второй задачей стала разработка учебного контента по тематикам занятий боевой подготовки личного состава караулов (приложения 9 и 13 приказа МЧС России № 472 от 26.10.2017), которая включила методическое обеспечение каждого часа занятия в составе комплекта учебно-методической документации, презентационного материала, тестовых заданий, а также видеоуроков.

Третьей задачей являлась формирование цифрового каталога учебной и нормативной литературы на базе электронной библиотечной системы Университета. Поэтому все разрабатываемые учебно-методические документы (задача 2) оснащались интерактивными библиографическими ссылками на электронные издания.

Четвёртая задача состояла в разработке электронного журнала по охране труда как отдельного функционального модуля приложения, который предполагает использование цифровых инструментов для ознакомления личного состава с типовыми инструктажами по тематике практических занятий.

Пятая задача заключалась в разработке электронной версии справочника руководителя тушения пожара, в котором изложены основные параметры развития пожара, отличительные особенности и применяемость огнетушащих веществ, тактико-технические и эксплуатационные показатели пожарно-технического вооружения и техники, а также реферативные сведения, необходимые для автоматизации расчетов сил и средств.

Шестая задача заключалась в разработке типовых заданий для пожарно-тактических учений и занятий с личным составом пожарно-спасательных гарнизонов, включающих схемы расстановки сил и средств для объектов всех классов функциональной пожарной опасности.

Седьмая задача состояла в формировании базы объектов для проведения пожарно-тактических учений и занятий, представляющей собой интерактивный реестр объектов на территории пожарно-спасательного гарнизона, подлежащих обязательному оперативно-тактическому изучению, а также задействованных при проведении дневных, ночных и контрольно-проверочных пожарно-тактических занятий.

Восьмая задача заключалась в разработке интерактивной карты района выезда для пожарно-спасательных частей гарнизона с уникальными слоями, дизайном и метками. При этом в качестве основного содержания карты предусмотрены метки опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей, оснащенные документацией предварительного планирования.

Комплексное решение вышеперечисленных задач нацелено на применение ДОТ в боевой подготовке личного состава караулов Главных управлений МЧС России (рис. 1).

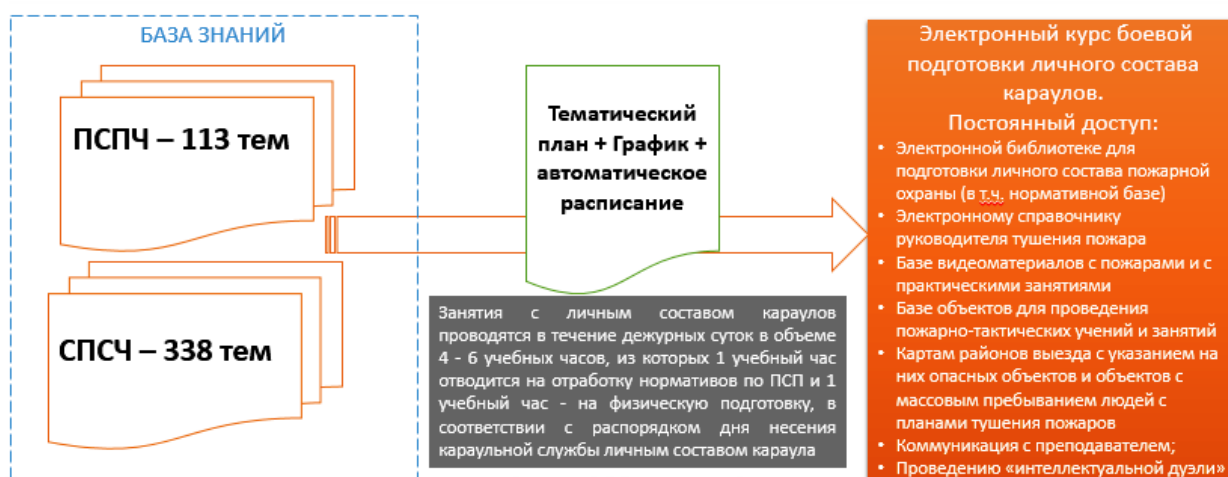


Рис. 1. Предполагаемая модель применения дистанционных образовательных технологий в боевой подготовке личного состава караулов Главных управлений МЧС России

С целью их исполнения в первую очередь нами были проанализированы требования приказа МЧС России от 26.10.2017 N 472 «Об утверждении порядка подготовки личного состава пожарной охраны».

Анализ показал, что общее количество часов в год, отведенное на боевую подготовку, у разных подразделений может отличаться: обычные пожарно-спасательные части (далее – ПСЧ), специализированные пожарно-спасательные части (далее – СПСЧ) и малочисленные подразделения.

Следует отметить, что у ПСЧ и СПСЧ также различаются и дисциплины обучения. Кроме того, если в подразделении газодымозащитная служба не организована, часы по дисциплине распределяются на другие. Время, отведенное на теорию и практику, также может отличаться у разных подразделений.

Главным управлением МЧС России по субъекту Российской Федерации издается приказ об организации боевой подготовки, в том числе утверждающий тематические планы различных занятий для отдельных подразделений, в которых определяются темы и виды занятий. При этом указывается, что дни проведения различных занятий в отдельных подразделениях гарнизона могут не совпадать – только месяцы проведения. Прежде всего, это зависит от графика занятий в непригодной для дыхания среде, графика проведения технического обслуживания пожарных

автомобилей и мн.др. Дело в том, что в дни технического обслуживания пожарных автомобилей с выездом на объект практические занятия не проводятся. Однако предполагается последующее изучение пропущенного материала в системе самостоятельной подготовки. Кроме того, количество времени, отводимое на пожарно-тактические занятия (далее – ПТЗ), составляет 64 часа. Пожарно-тактические учения (далее – ПТУ) проводятся руководством районных подразделений по отдельному графику.

Далее нами было выявлено, что руководство ПСЧ применяет рекомендуемый перечень из 113 тем (приложение № 9 к приказу № 472), а руководство СПСЧ – 338 тем (приложение № 13 к приказу № 472). При этом темы занятий имеют относительную корреляцию. Из перечня тем мы вычленили тематику, относящуюся к разделам «Психологическая подготовка», «Медико-психологическая подготовка» и «Медицинская (медико-психологическая) служба». Результаты анализа представлены в таблице.

Сводные данные по тематике, относящейся к разделам «Психологическая подготовка», «Медико-психологическая подготовка» и «Медицинская (медико-психологическая) служба»

Раздел	ПСЧ			СПСЧ		
	тем	теоретических часов занятий	практических часов занятий	тем	теоретических часов занятий	практических часов занятий
Психологическая подготовка	12	-	24	-	-	-
Медико-психологическая подготовка	-	-	-	20	20	18
Медицинская (медико-психологическая) служба	-	-	-	31	83	65
ИТОГО	12		24	51	103	83

С целью качественной подготовки педагогами кафедры методических материалов мы разработали технологию, которая учитывала объём электронной учебно-методической документации и уровень операционной готовности к работе научно-педагогического состава кафедры.

На начальном (организационно-плановом) этапе технологии мы разработали инструкции для педагогов и провели с ними инструкторско-методическое занятие. Инструкции включили требования и рекомендации по разработке методического обеспечения всех видов занятий и контроля (рис. 2).

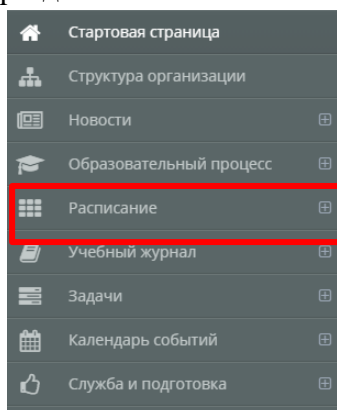


Рис. 2. Требования и рекомендации по разработке методического обеспечения всех видов занятий и контроля

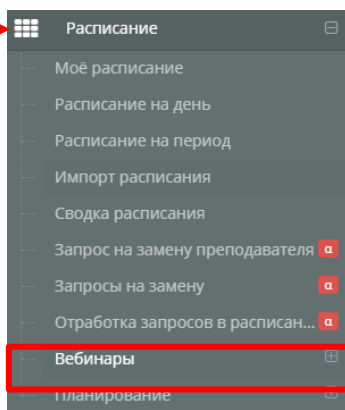
На основном этапе педагогам кафедры необходимо было разработать материалы методического обеспечения всех видов занятий и контроля по 34 темам. Работа была организована в двух направлениях: методическое обеспечение лекций (апрель-май 2021 года) и методическое обеспечение практических занятий (май-июнь 2021 года). Данный подход был обусловлен тем, что методическое обеспечение практических занятий потребовало предварительной разработки педагогами сценариев видеоуроков и совместного создания учебных видеоматериалов: для съёмок были привлечены видеооператоры и специалисты монтажа.

При разработке методического обеспечения лекций педагоги использовали разработанную нами инструкцию самозаписи. Им предлагалось подготовить тексты лекций с презентационными материалами (не менее 10 слайдов к каждой лекции), адаптированных к проведению занятия в формате видеоурока. После авторизации в личном кабинете ЭИОС Университета (edu.igps.ru) (далее – ЭИОС) согласно инструкции, педагоги действовали по разработанной нами блок-схеме (рис. 3).

1. В левом меню раскрыть раздел «РАСПИСАНИЕ»



2. Раскрыть подраздел «ВЕБИНАРЫ»



3. Нажать «СОЗДАТЬ ВЕБИНАР»

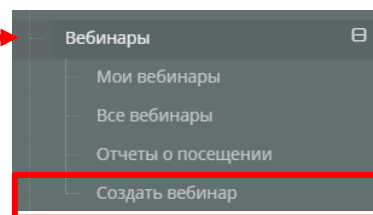


Рис. 3. Блок-схема регистрации нового элемента методического обеспечения

Специально разработанный для педагогов интерфейс позволил им заполнить соответствующие поля в появившемся окне:

указать тему и часы занятия (с пометкой номера занятия и общего количества занятий (1/2));

указать авторство загружаемого материала и ответственного за его загрузку;

определить тип добавления: «по занятиям»;

выбрать предлагаемый блок в окне «дисциплина» (рис.4);

ДОБАВЛЕНИЕ ВЕБИНАРА

Название вебинара *

Тема N 4. "Обеспечение безопасности людей при пожаре". Теоретическое занятие (1/2) часа. **Указать тему и часы занятия**

Дата проведения * 2021-03-15

Время проведения * 12:00

Часовой пояс Москва

Преподаватель

Косенко Денис Витальевич

Шилов Александр Геннадьевич **Указать себя и ответственного за выгрузку**

Тип добавления:

☒ По занятиям

☐ По группам

Дисциплина

Специальность: Инновационный класс Код: Дисциплина: Конкурс Группа: 2021 Начало обучения: 2021 [Институт заочного и дистанционного обучения] **Вписать слово Конкурс и выбрать предлагаемый блок**

Добавить вебинар

Рис. 4. Формирование нового элемента методического обеспечения

Далее готовность системы к формированию нового элемента обеспечивалась функцией «добавить вебинар». После этого педагог получал письмо на адрес электронной почты со ссылкой на созданный вебинар. Пройдя по ссылке «Войти на вебинар», педагоги настраивали свои вебинарные комнаты по разработанному нами алгоритму (рис. 5).

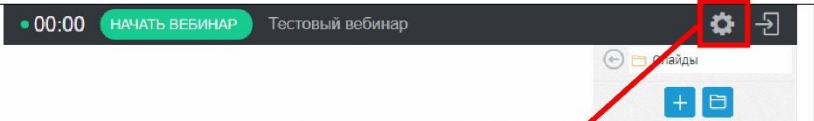
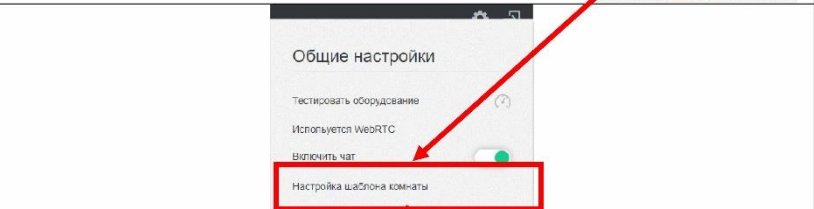
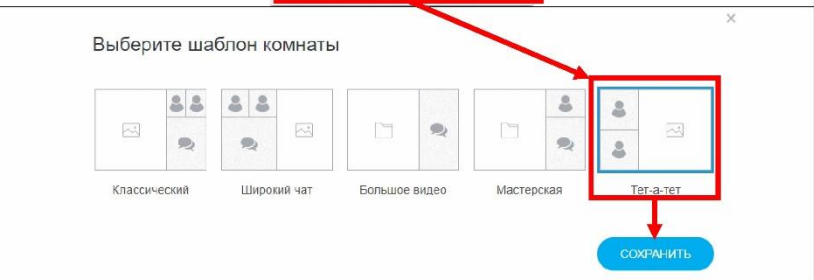
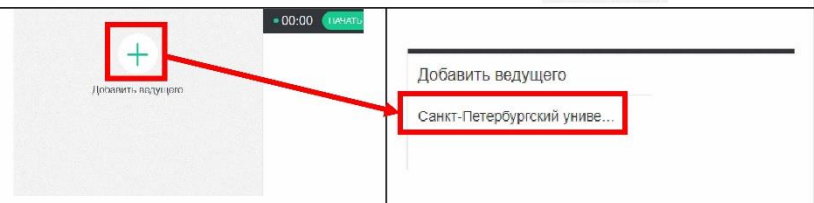
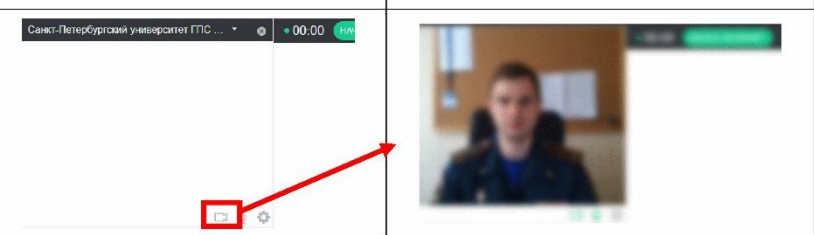
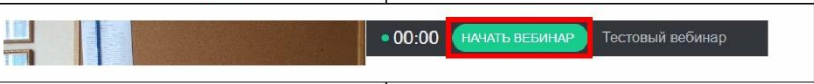
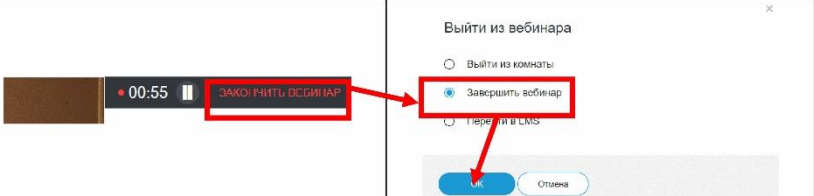
1. Нажмите кнопку 	
2. В открывшемся меню нажмите «Настройка шаблона комнаты»	
3. Выберите шаблон комнаты «Тет-а-тет» и сохраняете изменения	
4. Добавьте материалы (PDF), необходимые для проведения занятия.	
5. Добавьте себя в роли ведущего, нажав  и выбрав в списке.	
6. Включите камеру.  После нажатия на кнопку камеры, должно появиться ваше изображение.	
7. Нажмите кнопку 	
8. Поле завершения занятия нажмите кнопку 	

Рис. 5. Алгоритм настройки вебинарной комнаты для записи видеоурока

Основным результатом разработки методического обеспечения практических занятий являлись видеофайлы с закадровым аудиотекстом (комментариями) педагога. К техническим рекомендациям съёмки мы отнесли: соотношение сторон 16х9 разрешение 1920х1080 Full HD;

частоту кадров не менее 25 кадров в секунду; контейнер *.mp4; кодек H.264; битрейт не менее 8mbps.

На инструкторско-методическом занятии было уточнено понятие акцентной съемки видеоряда с целью предоставить специалисту возможность комментировать происходящее на экране) дальнейшей интеграции видеоряда с закадровым аудиотекстом. Запись аудиотекста производилась в помещении, в котором отсутствовал ярко выраженный интершум и эхо. В отдельных случаях аудиозапись осуществлялась одновременно со съёмкой с применением петличного микрофона.

Монтаж видеоуроков осуществлялся без применения переходов между клипами, цветокоррекции, наложения фильтров, титров, графики и подписей, изменения скорости, соотношения сторон исходного материала. Масштабирование и кадрирование осуществлялось с сохранением заданных пропорций.

При методическом обеспечении самостоятельной работы материал разрабатывался как подробный алгоритм последовательности выполнения заданий для данного вида деятельности обучающимися и включал привязку к определённому фрагменту видеоматериала (конспекта, презентации, видеоурока).

Материалы для самоконтроля включали тестовые задания (10-15 вопросов) по теме разного типа: один из многих, сопоставление, верно/неверно, ввести число.

Вместе с этим наиболее сложными элементами нашей работы стали реализация и наладка интерактивных ссылок на электронную библиотеку Университета и упорядочивание значительных массивов электронных данных на платформе ЭИОС. Для решения данных проблем мы использовали электронный каталогизатор ЭБС Университета (рис. 6).

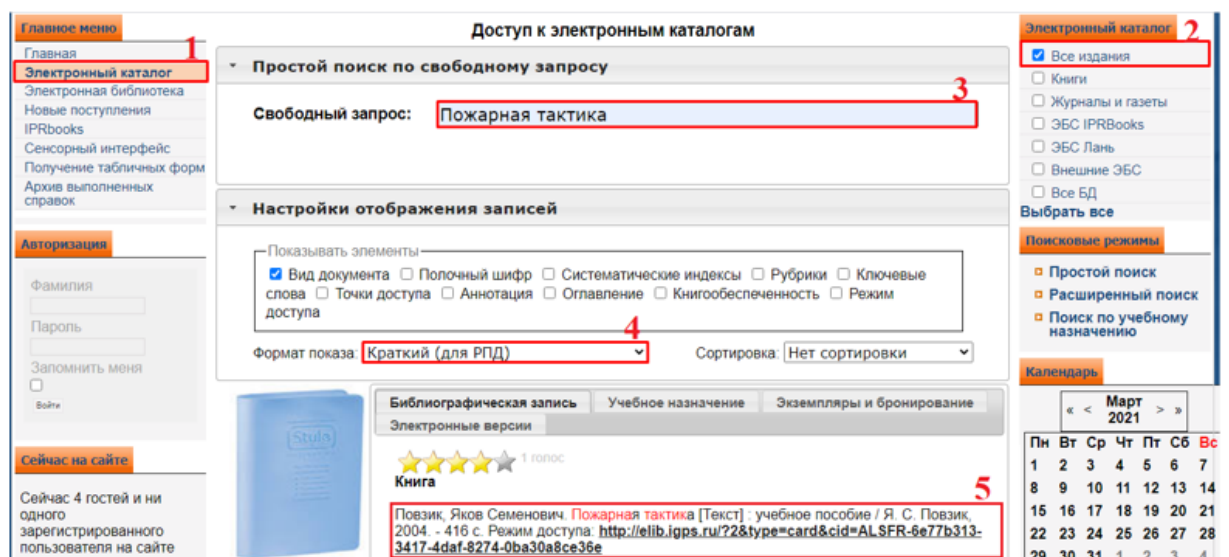


Рис. 6. Порядок поиска литературы в электронном каталогизаторе ЭБС Университета

Благодаря такому подходу мы добились решения следующих задач:

- актуализация учебной литературы не старше 5 лет;
- включение только той литературы, на которую заключены договора, позволяющие обеспечить открытый доступ;
- устранение избыточных этапов поиска;
- формирование актуальной библиографической записи на литературу;

оснащение библиографических записей с активными гиперссылками на электронные копии печатных изданий используемой литературы.

Иным образом решалась задача обеспечения доступа к актуальной нормативно-правовой базе для самостоятельной работы. Нами была разработана инструкция по формированию интерактивных библиографических записей на официальном интернет-портале правовой информации (рис. 7).

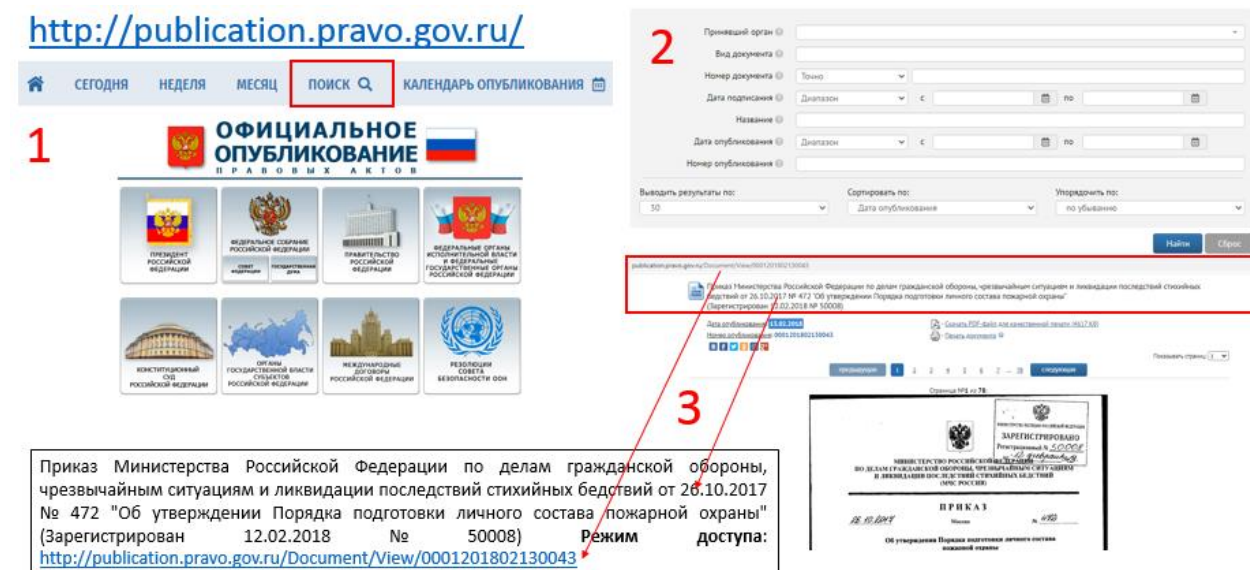


Рис. 7. Порядок поиска НПА на официальном интернет-портале правовой информации

С целью упорядочивания значительных массивов учебно-методических материалов, нами использовалось облачное хранилище. Для удобства навигации по структуре разделов и тем была сформирована таблица с интерактивными гиперссылками, которые адресно приводили в директорию облака с учебно-методическими материалами каждой отдельной темы (рис. 8).

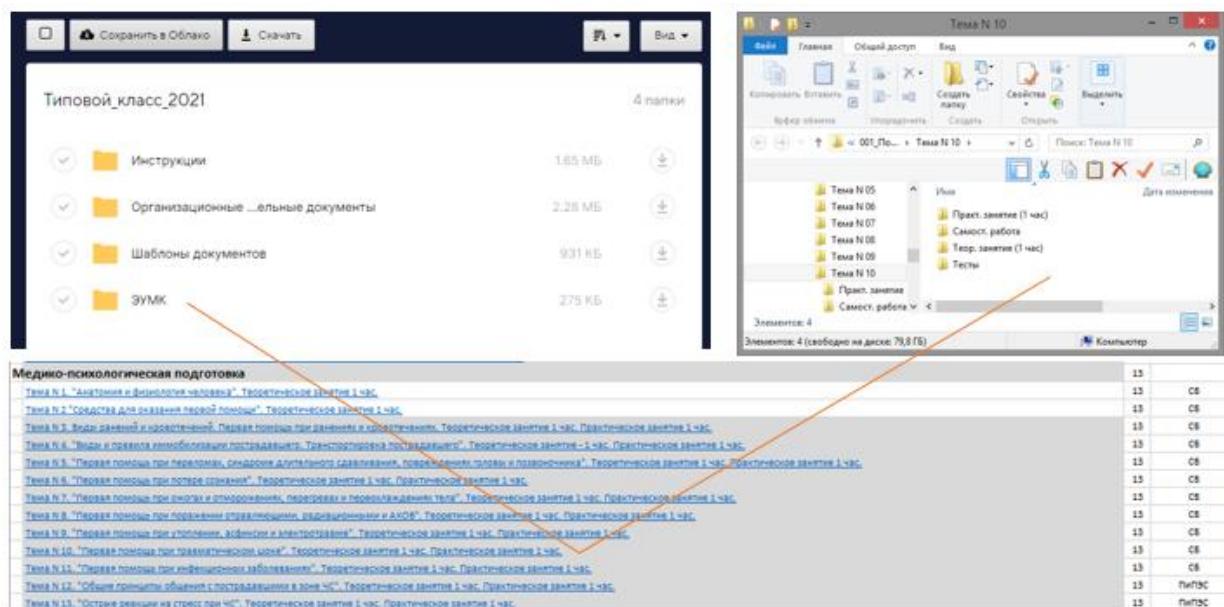


Рис. 8. Организация облачного хранилища для структурирования учебно-методических материалов

Таким образом, разработка технологии, нивелирующей недостатки ДОТ, позволила успешно выполнить распоряжение первого заместителя министра МЧС России № 125 от 19.02.2021 об участие в конкурсе на создание инновационного класса подготовки личного состава подразделений пожарной охраны. Кафедра педагогики и психологии экстремальных

ситуаций Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России разработала учебно-методические материалы для формирования психологического компонента боевой подготовки личного состава караулов Главных управлений МЧС России с применением ДОТ. Кроме того, педагогам были созданы условия для перехода от вербальных методов обучения к методам поисковой и творческой деятельности с учётом особенностей информационного поведения обучающихся [2, 6].

Развитие нашего исследования мы видим в дальнейшей апробации и внедрении разработанного методического обеспечения в процесс профессиональной подготовки личного состава караулов главных управлений МЧС России.

Список литературы:

1. Апробация технологии формирования готовности обучающихся очной формы обучения к освоению образовательной программы с применением дистанционных образовательных технологий / Н. А. Никитин, Р. Е. Булат, Х. С. Байчорова, А. Ю. Лебедев // Мир науки, культуры, образования. – 2021. – № 3(88). – С. 47-52. – DOI 10.24412/1991-5497-2021-388-47-52.
2. Психолого-педагогические ресурсы повышения готовности обучающихся к образовательному процессу в условиях электронной информационно-образовательной среды / Р. Е. Булат, А. Ю. Лебедев, Н. А. Никитин, Х. С. Байчорова // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2020. – № 3. – С. 172-178.
3. Лебедев, А. Ю. Применение дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России в особый период / А. Ю. Лебедев // Психолого-педагогические аспекты подготовки кадров к профессиональной деятельности в экстремальных условиях : Сборник пленарных докладов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14 мая 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2021. – С. 27-39.
4. Петрановская Л. О школьниках и домашнем обучении. – URL: <https://deti.mail.ru/article/eto-adski-tyazhelo-lyudmila-petranovskaya-o-distan/?from=compilation>. (дата обращения – 18.04.2020).
5. Булат, Р. Е. Подготовка военных специалистов инженерно-технического профиля к профессиональной деятельности в экстремальных условиях / Р. Е. Булат // Военная мысль. – 2014. – № 12. – С. 65-69.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660674 Российская Федерация. Оценка дидактической эффективности образовательных технологий: № 2021619948 : заявл. 23.06.2021 : опубл. 30.06.2021 / А. Ю. Лебедев, Н. А. Никитин, Р. Е. Булат [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

К вопросу о влиянии физических нагрузок аэробной направленности на продолжительность активной жизнедеятельности человека

To the question of the influence of aerobic physical activity on the duration of active human activity

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос влияния физических нагрузок аэробных нагрузок низкой и средней интенсивности на предполагаемую продолжительность активной жизнедеятельности человека. Проведён сравнительный анализ кардиореспираторных качеств спортсменов и лиц, системно не занимающихся физкультурой и спортом.

Abstract. The article deals with the question of the influence of physical loads of aerobic loads of low and medium intensity on the supposed duration of a person's active life. A comparative analysis of the cardiorespiratory qualities of athletes and persons who are not systematically involved in physical culture and sports has been carried out.

Ключевые слова: физическая подготовка, бег, аэробная нагрузка, сердечно-сосудистая система, ССС, продолжительность жизни.

Key words: physical training, running, aerobic exercise, cardiovascular system, CVS, life expectancy.

Разумное питание, умение дышать, обилие свежего воздуха – основа нормальных обменных процессов.

– Ю.П. Власов

Периодически в различных источниках встречается мнение о том, что занятия физическими упражнениями являются в лучшем случае бессмысленной тратой времени, возможно, даже вредны и снижают ожидаемую продолжительность жизни [1]. Профессор С.В. Савельев придерживается мнения, что чем меньше человек занимается физкультурой, тем больше он сохранит ресурс своей сердечной мышцы, который, предположительно, является конечным [2, 3]. Считается, что чем больше ударов производит сердце, тем быстрее оно будет изнашиваться, что в конечном итоге приведёт к заболеваниям и, возможно, смерти. Среднее количество предполагаемых сердечных сокращений для человека – около 2 000 000 000 [4, 5]. Средняя частота сердечных сокращений для среднестатистического человека составляет около 75 ударов в минуту в покое [6]. При таком пульсе запас в 2 млрд. ударов человеческое сердце исчерпает уже к 50 годам.

Необходимость отказа от физических нагрузок профессор С.В. Савельев и некоторые другие специалисты аргументируют повышенным количеством сердечных сокращений. Однако анализ научных исследований и практики показывает, что не всё так однозначно. Рассмотрим следующий пример: человек занимается аэробной нагрузкой один час в день, пульс на тренировке доходит до 150 ударов в минуту (зачастую при кардионагрузках низкой интенсивности он будет ещё ниже). В остальное время пульс в состоянии покоя в среднем

составляет 50 ударов в минуту. Количество сердечных сокращений в сутки при наличии тренировок можно посчитать по следующей формуле:

$$N_{тр. \text{ день}} = T_{тр.} * (N_{тр.} * 60) + T_{покоя} * (N_{покоя} * 60), \quad (1)$$

где $N_{тр. \text{ день}}$ – количество сердечных сокращений в день, уд.;

$T_{тр.}$ – время тренировки, час;

$N_{тр.}$ – средний пульс во время тренировки, уд./мин.;

$T_{покоя}$ – время покоя, час;

$N_{покоя}$ – средний пульс покоя, уд./мин.;

Таким образом, в день сердце спортсмена совершит следующее количество ударов: $1 * (150 * 60) + 23 * (50 * 60) = 78\,000$. Этот показатель соответствует примерно 28 470 000 ударам в год, соответственно, ресурса в 2 млрд. человеку хватит уже на 70 лет. Конечно, данная формула является упрощённой (пульс во сне, во время выполнения бытовых действий и при наличии различных факторов будет изменяться нелинейно), но позволяет получить достаточно верное представление о количестве ударов сердца за промежуток времени. Также необходимо отметить, что при выполнении бытовых задач пульс у тренированного человека будет повышаться в меньшей степени, чем у нетренированного, соответственно, данный разрыв увеличится в большей степени. Данные о снижении пульса в состоянии покоя у спортсменов аэробной направленности получены из открытых научных источников [7].

Для подтверждения данного предположения проведён практический эксперимент. Сформированы контрольная и экспериментальная группы по 5 мужчин без хронических заболеваний возрастом от 25 до 34 лет. В контрольной группе испытуемые выполняли аэробные упражнения не системно. В экспериментальной группе испытуемым было предписано ежедневное выполнение низкоинтенсивной кардионагрузки в течение одного часа в сутки. Остальное время они занимались обычной повседневной деятельностью. Длительность эксперимента составила 1 месяц. Педагогические эксперименты подобной направленности уже практиковались в Военном институте (инженерно-техническом) и показали высокую эффективность [8].

Для отслеживания частоты сердечных сокращений использовались мониторы сердечного ритма Garmin HRM-DUAL, Polar, а также смарт-часы (рисунок 1).



Рисунок 1. Монитор сердечного ритма и смарт-часы.

Данные устройства были настроены на круглосуточное отслеживание сердечного ритма и синхронизировались со смартфоном, на котором было установлено соответствующее программное обеспечение, по итогам каждых суток в статистические данные заносились

сведения о среднем пульсе за каждые сутки. Средний пульс по итогам ежесуточных измерений составил 72 и 54 удара в минуту соответственно для контрольной и экспериментальной групп. При этом необходимо отметить, что по результатам измерений среднесуточного пульса за первые сутки он составлял 71 для контрольной группы и 58 для экспериментальной. То есть по прошествии месяца наблюдений группа, практиковавшая ежедневную кардионагрузку, показала существенное снижение среднесуточного сердечного ритма (58 до и 54 после эксперимента), контрольная же группа значительного изменения средней частоты сердечного ритма не продемонстрировала (71 до и 72 после), что можно списать в том числе на погрешность в проведении измерений. Более низкая средняя частота сердечных сокращений как до начала эксперимента, так и по его окончанию, в экспериментальной группе, предположительно связана с относительной тренированностью испытуемых, которая по результатам эксперимента также выросла. Результаты представлены на рисунке 2.

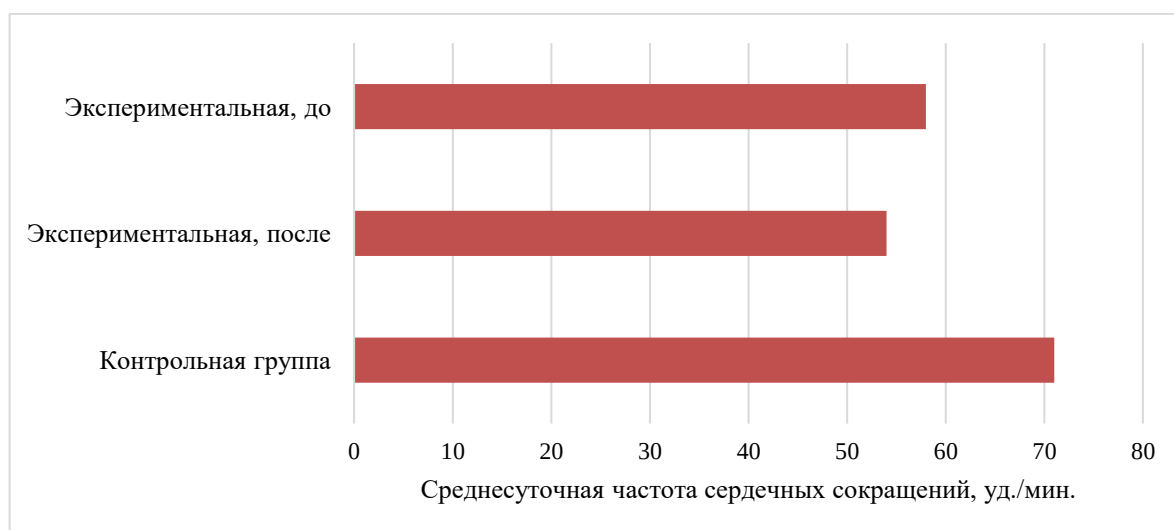


Рисунок 2. Среднесуточная частота сердечных сокращений в контрольной и экспериментальной группах до начала эксперимента и после, уд./мин.

Зависимость количества лет, за которые сердце предположительно отработает свои 2 млрд. ударов, от среднего пульса в состоянии покоя представлена на диаграмме (рисунок 3).

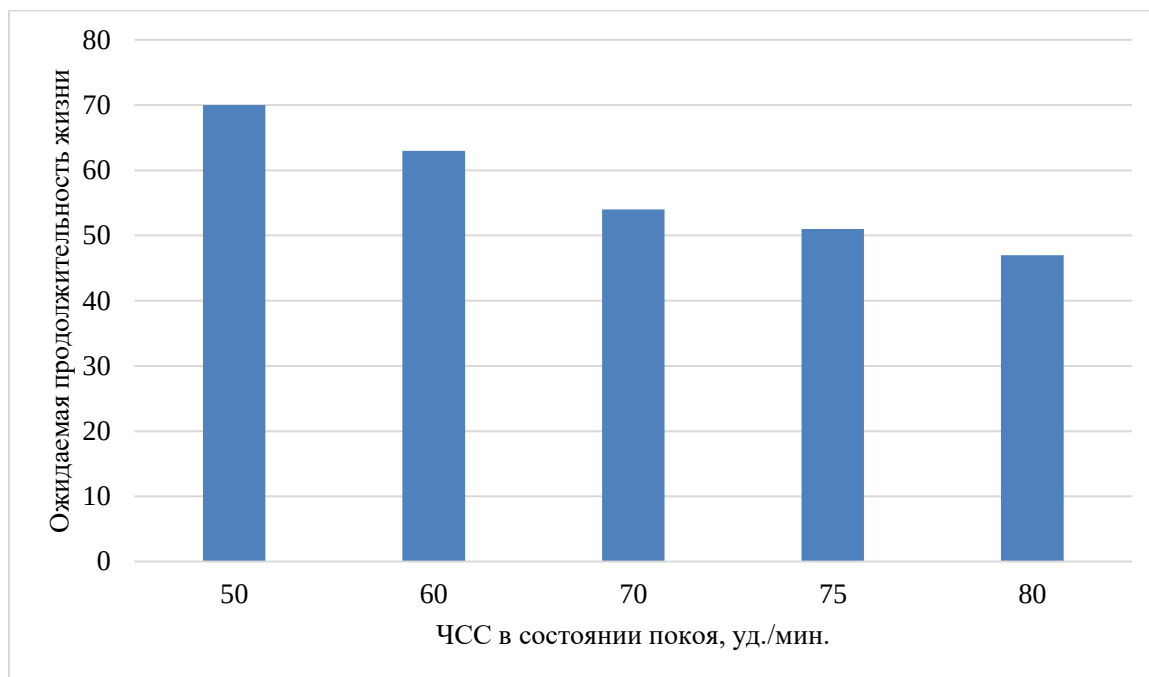


Рисунок 3. Зависимость предполагаемой продолжительности жизни от ЧСС в состоянии покоя.

Однако необходимо уточнить, что только спортивные тренировки, направленные на увеличение рабочего объема сердца (L-гипертрофия), а не стенок сердечной мышцы (D-гипертрофия) будут полезны для сердца и позволят снизить пульс в состоянии покоя и эффективность работы сердечно-сосудистой системы (ССС) [9, 10]. Упрощенная формула Шепарда позволяет вычислить усредненную максимальную нагрузку (для каждого конкретного атлета значения могут незначительно отличаться) [11]:

$$\text{MAX}_{\text{ЧСС}} = 220 - \text{возраст (годы)} \quad (2)$$

Для эффективного развития ССС необходима физическая нагрузка на уровне около 50-60% от максимума. То есть для человека возрастом 40 лет оптимальная нагрузка составит около 110 ударов сердца в минуту.

Неоценимый положительный эффект силовых тренировок для здоровья обширно освещен в научной и научно-популярной литературе, это вопрос, который будет непременно затронут в последующих исследованиях. Однако любителей фитнеса и силовых видов спорта необходимо предостеречь, что акцентирование внимания исключительно на силовых тренировках, когда пульс находится на предельных значениях и нет долговременной работы на средне-низком пульсе, может в долгосрочной перспективе приводить к опасной D-гипертрофии в случае отсутствия адекватной кардионагрузки.

Вот что говорил в своей книге «Справедливость силы» великий русский тяжелоатлет и писатель Юрий Петрович Власов, спортивная деятельность которого во многом заложила основные принципы не только современной силовой тренировки в Советском Союзе и мире, но и вообще фундаментальные основы здорового образа жизни: «Режим для сердца в тяжелой атлетике весьма далек от полезного. Поэтому силовую работу необходимо сопрягать с бегом после тренировки. «Мотор» нужно держать под нагрузкой и контролем... Тяжелоатлеты несут урон от неполноценного дыхания. Поэтому нужно осваивать специальные упражнения, не с

тяжестями. Я, к сожалению, понял это слишком поздно» [12]. Юрий Петрович скончался 13 февраля 2021 года в Москве в возрасте 85 лет.

Конечно, занятия физкультурой и спортом могут приводить к спортивным травмам, однако при отсутствии физической нагрузки риск некоторых видов травм возрастает даже сильнее.

По итогам исследования сформулированы следующие выводы:

1. Практика кардионагрузок в основном средней и низкой интенсивности позволит сохранить здоровье ССС и предположительно продлит период активной жизни, исходя из условий относительной конечности количества сердечных сокращений в течение жизни.

2. Средняя ожидаемая продолжительность жизни человека, занимающегося кардионагрузками, возможно, будет выше продолжительности жизни человека, игнорирующего физическую культуру и спорт, при прочих равных условиях [13].

3. При занятии физической культурой и спортом необходимо соблюдать оптимальные режимы работы ССС и соблюдать здоровый баланс силовой и кардионагрузки.

Список литературы:

1. «Осторожно, спорт!»: Чем опасны тренировки [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <https://www.the-village.ru/weekend/books/178975-kniga-o-vrede-sporta> (дата обращения: 30.05.2021).

2. С. Савельев. Ограниченное сокращение сердечной мышцы. [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <https://goodlec.com/%D1%81-%D1%81%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2-%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5-%D1%81%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%81/> (дата обращения: 30.05.2021).

3. Профессор С. В. Савельев о количестве сердечных сокращений [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=7JUKCngbGKM&ab_channel=MegaFreejazz (дата обращения: 30.05.2021).

4. Сколько ударов сердца отведено именно вам [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <https://www.popmech.ru/science/news-419382-skolko-udarov-serdca-otvedeno-vam/#part0> (дата обращения: 30.05.2021).

5. Elevated resting heart rate, physical fitness and all-cause mortality: a 16-year follow-up in the Copenhagen Male Study [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <https://heart.bmj.com/content/99/12/882> (дата обращения: 30.05.2021).

6. Every second [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <http://www.everysecond.io/animal-heartbeats> (дата обращения: 30.05.2021).

7. Погоньшева, И. А. Сравнительная характеристика показателей кардиореспираторной системы спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, в условиях северного промышленного города: автореферат дисс. ... к-та биол. наук / 03.00.13 / Погоньшева Ирина Александровна. – Тюмень : ТГУ, 2006. – 25 с.

8. Вакуненко В.А., Головачёв А.В., Борисов А.А. Унифицированно-дифференцированный подход в индивидуализации процесса совершенствования физической подготовки военнослужащих. – Военный инженер, 2019. – № 3 (13). – С. 40-47.

9. Так нельзя тренироваться: вся правда о сердце и спорте [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <https://mport.ua/zdorove/fitness/757315-tak-nel-zja-trenirovat-sja-vsja-pravda-o-serdce-i-sporte> (дата обращения: 30.05.2021).

10. Почему бег на высоком пульсе опасен для здоровья [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: <https://rg.ru/2015/06/30/puls-site.html> (дата обращения: 30.05.2021).

11. Спорт вреден? Кому и почему противопоказаны физические нагрузки [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: http://www.aif.ru/health/life/sport_vreden_komu_i_pochemu_protivopokazany_fizicheskie_nagruzki (дата обращения: 30.05.2021).

12. Власов Ю.П. Справедливость силы. – Л.: Лениздат, 1989. – 608 с., с ил. – ISBN 5-289-00374-6. – С. 385.

13. Средняя продолжительность жизни [Электронный ресурс] // [сайт]. [2021]. URL: http://www.google.ru/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=sp_dyn_le00_in&idim=country:RUS&dl=ru&hl=ru&q=%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8F%D1%8F+%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BB%D0%B6%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C+%D0%B6%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B8 (дата обращения: 30.05.2021).

**Формирование у курсантов военных вузов российской национальной идентичности
как профессиональной ценности: результаты исследования**

**Formation of the attitude of military university cadets to the Russian national identity as
a professional value: research results**

Аннотация. В статье рассматривается решение педагогической задачи, представляющей собой создание условий для принятия курсантами военных вузов российской национальной идентичности как профессиональной ценности. Предлагаются вниманию результаты проведения педагогического эксперимента по формированию у будущих офицеров ценностного отношения к российской национальной идентичности как духовному ресурсу, способному укоренить их как в профессии, так и в жизни в целом.

Abstract. The article considers the solution of the pedagogical problem, which is the creation of conditions for the adoption of Russian national identity as a professional value by cadets of military universities. The results of a pedagogical experiment on the formation of future officers' value attitude to the Russian national identity as a spiritual resource that can root them both in the profession and in life as a whole are offered to attention.

Ключевые слова: идентичность, национальная идентичность, российская национальная идентичность, профессиональные ценности, курсанты, педагогический эксперимент.

Keywords: identity, national identity, Russian national identity, professional values, cadets, pedagogical experiment.

Одной из задач военно-образовательного процесса является формирование личностных качеств будущего офицера, являющихся основой их профессиональных компетенций. Учитывая то, что профессиональная миссия военнослужащего заключается в защите национальных интересов государства, видится необходимым формирование у курсантов военных вузов российской национальной идентичности как личностного образования и одновременно отношения к ней как профессиональной ценности.

Актуальность этой задачи подтверждается тем, что в последнее время увеличивается количество исследовательских работ, посвященных национальной идентичности в России. При этом стоит отметить неоднозначность понятия «национальная идентичность» в современной науке. Анализ научной литературы показал, что длительное время национальная идентичность рассматривалась как производная национальности, то есть как принадлежность к этнокультурной группе. Однако сначала 2000-х годов теоретико-методологические подходы к анализу национальной идентичности изменяются.

Стимулом к переосмыслению значения национальной идентичности в отечественной науке стала работа Тишкова В.А. «О новых подходах в теории и практике межнациональных отношений» [1], в которой российская идентичность рассматривается в этнополитическом измерении как национальная.

Развитие этой идеи наблюдается в философском исследовании Рябова О.В., в котором отмечается, что национальная идентичность связана с понятием нации, «национальная

идентичность – это отражающее объективное бытие нации, которое формируется на основе этнического и политического единства состояние групповой солидарности и включает коллективный (осознание нации своей целостности и тождественности) и индивидуальный (осознание индивидами своей принадлежности к нации) уровни [2, с.11]. За понятием национальной идентичности закрепляются этническая и политическая основы и подчеркивается его политико-гражданский смысл.

Анализ научной литературы также показал, что в настоящее время нет единой точки зрения на соотношение понятий «этническое» и «национальное». Так, Гулевский А.Н. в своем исследовании «Соотношение этнической и национальной идентичности» [3] указывает на три точки зрения относительно этнического и национального: отождествление, противопоставление и различение. Подробная характеристика указанных видов соотношения понятий нашла отражение в работе Кожевниковой Ю.С. «Кризис национальной идентичности в глобализирующемся мире» [4].

В статье Родионова М.А. и Волковой Т.А. отождествление национальной идентичности с национальностью, вопросами национализма и межнациональных конфликтов объясняется тем, что в Конституцию Российской Федерации 1993 года транслировалось советское отождествление национальности с этничностью [5].

В нашем исследовании как основополагающие рассматриваются следующие позиции ученых:

Горшкова М.К., Тюриной И.Ю., подчеркивающих то, что «скрепляющим («системообразующим») элементом национальной идентичности выступает смысловая целостность как характеристика нации...» [6, с.47];

Тишкова В.А., акцентирующего внимание на том, что российская идентичность имеет кросс- или надэтническую форму [7, с.13];

Кочеткова В.В., считающего, что национальная идентичность в отличие от этнической, имеет отношение к институтам государства [8, с. 157];

Дробизевой Л.М., указывающей на доминирование в общественном сознании понимания национального, прежде всего как государственного и отмечающей, что «содержание общероссийской идентичности у жителей городов и сел принципиально не различается: и у тех, и у других доминирует государственная идентичность» [9, с.494].

Таким образом, в нашем исследовании понятия этнического и национального рассматриваются как взаимосвязанные, но не тождественные друг другу.

Ситуация с уточнением значения понятия «национальная идентичность» осложняется тем, что понятие «нация» имеет два значения: «этничность» (народ) или «гражданственность» (нация-государство). В связи с этим в исследованиях появляются уточняющие понятия: национально-культурная идентичность и национально-гражданская (государственная) или политическая идентичность.

Особое значение для нашего исследования имеют факторы развития нации, раскрытые в статье Кочеткова В.В. «Национальная и этническая идентичность в современном мире»: «территория проживания, общность экономической деятельности, культурное единство, отражаемое в общности языка, религии, социальных норм поведения, общее этническое происхождение людей, хотя этот фактор не является решающим, общий исторический опыт, ощущение общей судьбы, общности прошлого, настоящего и будущего; общность национального самосознания» [8, с. 153-154]. Иными словами, в понятии «национальная идентичность» важен, прежде всего, государственно-политический смысл, однако, сводить это понятие только к гражданской идентичности неправомерно. Исходя из указанного выше, следует

согласиться с концепцией Бадмаева В.Н., в рамках которой национальная идентичность трактуется как сложное явление, «исследование которого совмещает социальные, социально-философские, психологические, культурологические, собственно этнические аспекты» [10, с. 265].

В рамках нашего исследования феномен национальной идентичности рассматривается согласно историко-культурному и государственно-гражданскому принципам. Нас интересует феномен российской национальной идентичности, которую можно определить как отождествление индивида с российской нацией, осознание себя как россиянина, переживание себя как части единого культурно-политического макросообщества. Использование уточнения национальной идентичности как российской позволяет рассматривать ее одновременно как сложный феномен, имеющий и этническое, и культурное, и психологическое, и политическое (государственно-гражданское) измерения. Такой синтетический подход нашел отражение в исследованиях Гаджиева К.С. [11], Горшкова М.К., Тюриной И.О. [6].

В работах Гаджиева К.С. Старостина А.М., Самыгина С.И., Верещагиной А.В. акцентируется внимание на необходимости конструирования и формирования национальной идентичности: «то, что объединяет нацию, превращает её в коллективный субъект – это национальная идентичность, осознание принадлежности к своей нации, которое формируется не стихийно и не само по себе, но воспитывается и поддерживается при помощи многих социальных институтов, начиная со школьного образования и заканчивая СМИ» [12, с. 160].

В настоящее время тема российской национальной идентичности только начинает раскрываться в учебно-воспитательном контексте. Так, на наш взгляд, особо значимые в этом направлении являются работы В.А. Тишкова [13], М.С. Инкижековой [14], С.В. Куликовой [15], Л.А. Семеновой [16], А.Н. Махинина, Т.Ю. Скибо [17].

Целью нашего исследования было определено научное обоснование процесса формирования у курсантов военных вузов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности в обучении социально-гуманитарным дисциплинам.

В рамках реализации поставленной цели была решена задача выявления сущностных характеристик отношения курсантов военных вузов к российской национальной идентичности как профессиональной ценности.

Принятие курсантом национальной идентичности с российским народом является условием ценностно-эмоциональной и мотивационно-волевой готовности к профессиональной деятельности будущего офицера. Осознание неразрывной связи со своей нацией и своим государством, ощущение сопричастности к его великому прошлому, чувство ответственности за его будущее – все это ложится в основу профессиональной деятельности курсанта и смысла его жизни как защитника Отечества в целом. Российская национальная идентичность как профессиональная ценность позволяет курсанту сформировать целостное представление о себе и о своем пути развития, целостные жизненные и профессиональные цели. Личностное и профессиональное становление курсанта сопровождается ощущением собственной непрерывности, тождественности своему народу.

Отношение к российской национальной идентичности как профессиональной ценности в рамках исследования было определено как интегративное личностное образование, включающее в себя систему знаний о российской национальной идентичности как профессиональной ценности, осознание субъектом личностного смысла российской национальной идентичности как профессиональной ценности, проявляющееся в проектировании и прогнозировании своей профессиональной деятельности на основе принятия профессиональной ценности «российская национальная идентичность» в качестве императива.

Анализ психолого-педагогической литературы показал, что юношеский (курсантский) возраст (18 лет - 23 года) является оптимальным для формирования отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности, так как именно в этом возрасте происходит профессиональное самоопределение и становление человека.

Основываясь на специфике психолого-возрастных характеристик юношеского возраста курсантов военных вузов, особенностях российской национальной идентичности как профессиональной ценности мы предположили, что в структуре личности курсанта отношение к российской национальной идентичности как профессиональной ценности реализует следующие функции:

информационную функцию, которая проявляется в фиксации системы знаний о российской национальной идентичности как профессиональной ценности, а также в осознании курсантами необходимости и значимости сформированной российской национальной идентичности для профессиональной деятельности военнослужащих;

побудительную функцию, которая заключается в осмыслении и принятии курсантом личностного смысла российской национальной идентичности как профессиональной ценности;

регулятивную функцию, которая реализуется в соотношении курсантом личностного смысла российской национальной идентичности со своей профессиональной деятельностью, в регуляции собственной профессиональной деятельности на основании осознания профессиональной ценности «российская национальная идентичность», в установке курсантов на прогнозирование, планирование и организацию профессиональной деятельности с учетом императивного характера профессиональной ценности «российская национальная идентичность».

Указанные функции отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности позволили определить структуру исследуемого личностного образования, в которой были выявлены следующие компоненты: когнитивно-оценочный, рефлексивно-смысловой и мотивационно-деятельностный.

Когнитивно-оценочный компонент выполняет информационную функцию и предполагает получение курсантами системы знаний о российской национальной идентичности как профессиональной ценности на уровне представлений, понятий и идей, а также осознание курсантами значимости российской национальной идентичности как профессиональной ценности.

Рефлексивно-смысловой компонент отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности выполняет побудительную функцию и предполагает осознание и принятие курсантом собственной российской национальной идентичности, а также поиск, осознание и принятие личностного смысла профессиональной ценности «российская национальная идентичность».

В содержание мотивационно-деятельностного компонента отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности, выполняющего регулятивную функцию, входит: принятие курсантами российской национальной идентичности в качестве профессиональной ценности, а также проектирование, прогнозирование и реализацию курсантами своей профессиональной деятельности с учетом императивного характера профессиональной ценности «российская национальная идентичность».

Особенности указанных выше компонентов исследуемого личностного образования позволили в рамках исследования определить критерии и показатели сформированности отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности: полнота и системность знаний курсантов о российской национальной идентичности как

профессиональной ценности (проявляется в степени усвоения знаний о российской национальной идентичности как профессиональной ценности); характер оценочного отношения к профессиональной ценности «российская национальная идентичность» (проявляется в присутствии у курсантов оценочных суждений о российской национальной идентичности как профессиональной ценности); степень осознанности личностью курсанта собственной российской национальной идентичности (проявляется в движении от неопределенной «размытой» российской национальной идентичности к осознанности личностью курсанта собственной российской национальной идентичности); степень осознанности личностью значимости профессиональной ценности «российская национальная идентичность» (проявляется в движении от неосознанности личностного смысла профессиональной ценности «российская национальная идентичность» к его осознанию); степень сформированности ценностно-коммуникативных умений (проявляется в умении осуществлять отбор и анализ признаков профессиональной ценности «российская национальная идентичность» в практической и учебной деятельности; умении обосновывать собственное отношение к профессиональной ценности «российская национальная идентичность»; умении осуществлять прогнозирование и планирование собственной учебно-профессиональной деятельности на основе осознания профессиональной ценности «российская национальная идентичность»); полнота реализации деятельностных аспектов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности (проявляется в степени регуляции личностью курсанта собственной учебно-профессиональной деятельности на основе сформированности отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности). С помощью этих признаков критериев в дальнейшем оценивалось качество, ценность и эффективность проведенной опытно-экспериментальной работы. [18, с. 32].

Выявленные показатели сформированности у курсантов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности выступили как основание для выделения разных уровней сформированности исследуемого личностного образования: низкий (начальный), средний (базовый) и высокий (осознанно-действенный).

В рамках решения второй задачи исследования была разработана модель поэтапного формирования российской национальной идентичности как профессиональной ценности у курсантов военных вузов, включающая в себя ценностно-ориентационный, ценностно-смысловой и прогностический этапы.

Ценностно-ориентационный этап ориентирован на достижение курсантами низкого (начального) уровня сформированности отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности. Рассматриваемый этап ориентирован на формирование у курсантов представления о структурообразующих идеях российской национальной идентичности как профессиональной ценности, создание у курсантов «ценностной основы» для осознания российской национальной идентичности как своей профессиональной ценности посредством выявления значения российской национальной идентичности, осознание ее значимости в жизни общества, вооруженных сил и в жизни каждого гражданина государства, что позволяет сделать вывод о ее исключительной значимости для военнослужащего.

Ценностно-смысловой этап направлен на достижение курсантами среднего (базового) уровня сформированности личностного образования. На данном этапе предполагается осознание и принятие личностью курсанта своей российской национальной идентичности, осознание личностного смысла профессиональной ценности «российская национальная идентичность».

Прогностический этап направлен на достижение курсантами высокого (осознанно-действенного) уровня сформированности отношения к российской национальной идентичности

как профессиональной ценности. Этап характеризуется сформированностью системы знаний о российской национальной идентичности как профессиональной ценности, позитивных оценочных суждений об изучаемом личностном образовании, осознанностью личностной и профессиональной значимости российской национальной идентичности как профессиональной ценности, сформированностью способности проектирования, прогнозирования и реализации своей профессиональной деятельности с учетом императивного характера профессиональной ценности «российская национальная идентичность».

При решении третьей задачи нашего исследования была выявлена и апробирована на практике система педагогических средств формирования у курсантов военных вузов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности. Ведущим педагогическим средством формирования исследуемого личностного образования выступили профессионально-ценностные педагогические ситуации как система условий, способствующих осознанию курсантами своей российской национальной идентичности, стимулирующих активность курсанта по присвоению личностного смысла профессиональной ценности «российская национальная идентичность». Основным дидактическим элементом профессионально-ценностной педагогической ситуации выступили ценностно-смысловые задачи, реализующие возможность личности курсанта проектировать свою учебно-профессиональную деятельность в контексте присвоения профессиональной ценности «российская национальная идентичность».

В рамках ценностно-смысловых задач были разработаны учебные задания для каждого этапа формирования исследуемого личностного образования, предполагающие самостоятельный анализ курсантами изучаемых социально-гуманитарных явлений и процессов, выявление связи между ними, самостоятельное определение последовательности учебных действий, исходя из того, что само содержание и форма организации познавательной деятельности имеют задачу логику. Это задания, опосредующие учебную информацию, направленные на самостоятельную и групповую работу курсантов с учебным материалом, а также на формирование аналитико-рефлексивных и коммуникативных умений и навыков у курсантов. Курсантам предлагался текст в виде цитат, новостной информации, исторических фактов, который не только принимался к сведению, но и осмысливался на уровне рациональной и эмоциональной значимости для себя (самоанализа), своей профессиональной деятельности, общества в целом.

Процесс изучения российской национальной идентичности активизировался включением курсантов в интерпретацию текстов, осмысление позиций отечественных и зарубежных мыслителей, эмоционально-чувственное и критическое восприятие учебного материала, самоидентификацию с российской нацией и личностной интериоризацией национальных ценностей и интересов. Реализация ценностно-смысловых задач происходила в соответствии с принципами личностно-ориентированного обучения и воспитания, технологии обучения в сотрудничестве и диалоге, групповым, игровым, кейсовым и проектным технологиям.

Апробация модели, а также системы средств формирования у курсантов военных вузов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности осуществлялась на базе федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации.

Анализ полученных при проведении формирующего эксперимента результатов показал наличие положительной динамики развития у курсантов военных вузов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности. Так, например, в контрольной группе статус профессиональной ценности «российская национальная идентичность» среди

других профессиональных ценностей военнослужащих повысился на 19%, а в экспериментальной этот показатель вырос на 52%.

Полученные результаты в рамках исследования процесса формирования у курсантов военных вузов отношения к российской национальной идентичности как профессиональной ценности могут быть использованы на практике преподавателями социально-гуманитарных дисциплин, организаторами военно-политической работы, а также курсантами в рамках самостоятельной работы и при подготовке к занятиям.

Список литературы:

1. Тишков, В.А. О новых подходах в теории и практике межнациональных отношений // Советская этнография. 1989. № 5. С. 3-15.
2. Рябов, О.В. Национальная идентичность: гендерный аспект (на материале русской историософии): автореферат дис. доктор философских наук: 09.00.11 - Социальная философия. Иваново. 2000. 46 с.
3. Гулевский, А.Н. Соотношение этнической и национальной идентичности: автореферат дис. кандидата философских наук: 09.00.11 / Волгогр. гос. ун-т. - Волгоград, 2005. - 17 с.
4. Кожевникова Ю.А. Кризис национальной идентичности в глобализирующемся мире: автореферат дис. канд. филос. наук: 09.00.11 / Ю.А. Кожевникова. М.: Изд-во МГУ, 2012. 22 с.
5. Родионов, М.А., Волкова Т.А. Политические элиты и национальная идентичность // Социально-гуманитарные знания. 2018. №4, С. 126-137.
6. Горшков, М.К., Тюрина, И.О. Синтез этнонационального и гражданского как основа российской идентичности // Вестник РУДН. Серия: Социология, 2018. Т. 18. № 1. С. 44–57.
7. Тишков, В.А. Национальная идентичность и духовно-культурные ценности русского народа. СПб.: СПбГУП, 2010. 36 с.
8. Кочетков, В.В. Национальная и этническая идентичность в современном мире // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 18. Социология и политология. 2012. № 2. С. 144 – 162.
9. Дробизева, Л.М. Смыслы общероссийской гражданской идентичности в массовом сознании россиян // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2020. № 4. С. 480-498.
10. Бадмаев, В.Н. Феномен национальной идентичности: Социально-философский анализ: дис. доктор философских наук: 09.00.11 - Социальная философия. Волгоград. 2005. 292 с.
11. Гаджиев, К.С. Национальная идентичность: концептуальный аспект // Вопросы философии. 2011. № 10. С. 3–16.
12. Старостин, А.М., Самыгин, С.И., Верещагина, А.В. От национальной идентичности к военной и информационной безопасности: эволюция войны и многообразие ее форм в условиях духовной деволуции современного общества // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. № 4. С. 158–163.
13. Тишков, В.А. Русский народ: кн. для учителя. М.: Просвещение, 2010. 191 с.
14. Инкижекова, М.С. Категории «национальная идентичность» и «патриотизм» в современном образовательном пространстве // Знание. Понимание. Умение. 2017. № 4. С.34–44.
15. Куликова, С.В. Воспитание национального самосознания и патриотизма в России: от истории к современности // Известия ВГПУ. 2015. № 3 (98). С. 11–16.
16. Семенова, Л.А. Формирование российской идентичности студентов в процессе обучения. Журнал «Педагогическое образование в России», 2014. № 3. с. 88-92.

17. Махинин А.Н., Скибо Т.Ю. Российская идентичность молодежи в условиях социокультурных деформаций: возможности педагогического влияния // Воздушно-космические силы. Теория и практика, 2019. № 11. С. 114–123.

18. Митрахович, В.А. Формирование воинской чести у военнослужащих, проходящих военную службу по призыву в Вооружённых Силах Российской Федерации: монография. Астрахань: Издательский дом «Астраханский государственный университет», 2006. 128 с.

**Результаты экспериментального исследования адаптационного потенциала
военнослужащих**

Results of an experimental study of the adaptive potential of military services

Аннотация. В статье приводятся результаты экспериментального исследования адаптационного потенциала военнослужащих к условиям профессиональной служебной деятельности.

Abstract. The article presents the results of an experimental study of the adaptive potential of servicemen to the conditions of professional service.

Ключевые слова: психология, профессиональная служебная деятельность, адаптация.

Keywords: psychology, professional service, adaptation.

В своих предыдущих исследованиях мы рассматривали психофизиологические и стрессогенные факторы безопасности операторской деятельности [1], методы сохранения военно-профессиональной работоспособности [2], посттравматические стрессовые расстройства и особенности медико-психологической реабилитации военнослужащих-участников боевых действий [14], мероприятия морально-психологического обеспечения по оказанию психологической помощи военнослужащим в ходе учебной и служебной деятельности и другие сопряженные аспекты по предмету данного исследования [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16]. Данная статья является логическим продолжением вышеназванных.

Метод организации комплексной процедуры исследования функциональных состояний субъектов воинской деятельности.

Практическую часть исследования мы выстроили в три этапа:

1. Подготовительный этап, состоящий из разработки плана исследования, постановки задач экспериментального исследования, выбор методов и составление из них батарей тестирования, описание характеристик выборки.

2. Экспериментальный, в ходе которого мы провели разработанные блоки методов диагностики и регуляции функциональных состояний военнослужащих и диагностики личностного адаптационного потенциала.

3. Обработка полученных результатов с помощью математических статистических методов.

Для реализации первого этапа исследования нами были поставлены следующие задачи:

1. Применяя выбранные методики, выявить признаки каждого состояния.
2. Выявить связь между повышением уровня адаптационного потенциала и управлением функциональными состояниями испытуемых, влияющих на эффективность службы.

В соответствии с задачами опытного исследования сформулирована гипотеза, которая утверждает, что управление функциональным состоянием субъектов воинской деятельности повышает адаптационный потенциал, улучшает способность к адаптации.

Разработав план исследования, мы разобрали вопрос с разрешением поставленных задач.

Первая задача рассчитывается составлением комплекса психологических, физиологических и психофизиологических методик, показывающих ведущие характеристики состояний.

Для реализации задач использованы бланковые и регистрационные методы. Составленный нами комплекс бланковых методик состоит из колец Ландольта, методики «память на слова», теста Люшера, методики «Самочувствие активность настроение» (САН). Регистрационные методы представляют собой процессы замера различных показателей организма человека. Они включают в себя измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), частоты дыхания (ЧД), проб Штанге и Генча.

Эти показатели и будут служить фундаментом для описания функциональных состояний организма.

В этой части исследования мы не будем оценивать сон по тем же критериям, а будем лишь прослеживать, чтобы он был полноценным, дабы избежать влияния недостатка ночного сна на результаты нашего исследования в период, когда испытуемые будут свободны от нагрузок, мы будем измерять их уровень работоспособности.

Состояние усталости и монотонии будут оценены в соответствии с их характеристиками, под влиянием монотонных факторов и факторов приводящих к утомлению. Исследование состояния испытуемых будет проводиться непосредственно во время несения службы. Мы будем проводить два замера: в момент начала службы и в конце рабочего дня.

Состояния оперативного покоя или предстартовые состояния мы представим в виде показателей наших критериев в случаях заступления на дежурство, требующее высокой личной ответственности. Такой выбор обусловлен тем, что другие виды служебной деятельности не могут вызывать состояний оперативного покоя, так как военнослужащий привык к ним, и он не несет высокой личной ответственности.

Стрессовые состояния мы будем создавать искусственно, малой силы и на небольшой срок, их измерим единожды. Используя посторонние отвлекающие факторы - стрессоры: неожиданные фразы испытателя, музыка, отвлекающие люди, мы создадим стрессовую обстановку для выполнения тестовых заданий и дополнительно укажем на особую важность этих тестов, намекая на корреляцию результатов тестирования и успешностью дальнейшей службы. В такой обстановке человеческий организм переходит в режим стресса, потому что ему необходимо приспособиться к окружающей среде.

Вторую задачу мы решали с помощью методики МЛО «Адаптивность» А.Г. Маклакова. Она была предложена двум группам: контрольной и экспериментальной. Из методики МЛО «Адаптивность» мы используем только шкалу личностного адаптационного потенциала (ЛАП), для дальнейшего сравнительного анализа показателей контрольной и экспериментальной групп.

Каждая группа проходила исследование адаптационного потенциала в двух контрольных точках: в самом начале исследования и в конце. В норме параметр адаптационного потенциала мы будем видеть у контрольной группы, которая будет находиться в тех же условиях, что и экспериментальная. В этой группе не проводятся занятия по обучению методам самоконтроля и сеансы управления функциональным состоянием. В экспериментальной группе возможные сдвиги адаптационного потенциала могут возникнуть только под влиянием внешних факторов, которыми и будет служить методы регуляции функциональных состояний: прогрессивная мышечная релаксация по Джекобсону, диафрагмальное дыхание в сочетании с самовнушением, прослушивание музыки, методы нейролингвистического программирования. Так мы увидим возможную эффективность воздействия на адаптационный потенциал, с помощью методов регуляции и управления функциональными состояниями.

Следовательно, сравнивая показатели динамики развития личностного адаптационного потенциала двух групп, мы сможем увидеть продуктивность предлагаемого подхода.

Таким образом, план экспериментального исследования представляет собой следующую последовательность действий:

1. Проведение методики МЛО «Адаптивность» и вычисления показателя ЛАП в начале исследования.
2. Проведение работы по регуляции функциональных состояний в экспериментальной группе и параллельно определение признаков функциональных состояний в контрольной группе.

3. Проведение методики МЛЮ «Адаптивность» и вычисления показателя ЛАП по окончанию исследования.

4. Интерпретация результатов и их математическая обработка.

Характеристики выборки представлены ниже в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики выборки

Характеристики	Контрольная группа	Экспериментальная группа
Возраст	22-25	22-25
Количество	30	30
Пол	Мужской	Мужской

Экспериментальный этап нашего исследования состоит из следующих процедур:

- диагностических процедур с использованием выделенных нами методик;
- регуляции функциональных состояний военнослужащих;
- диагностики адаптационного потенциала каждого испытуемого.

Диагностика представляет собой стандартную процедуру, обусловленную спецификой методик. Сеансы регуляции и управления функциональными состояниями мы проводили с помощью метода прогрессивной мышечной релаксации, прослушивания музыки, диафрагмального дыхания в сочетании с самовнушением, методик НЛП и релаксационно-суггестивного сеанса.

Математическую обработку результатов мы проводили в следующих направлениях:

1. Установление динамики личностного адаптационного потенциала.
2. Установление разницы в показателях при различных функциональных состояниях (взяв средний показатель по каждому состоянию).

Описание результатов исследования.

Ранее говорилось о том, что процедура исследования проводилась по двум направлениям: диагностика состояний и диагностика эффективности методов управления функциональными состояниями, в качестве проверки мы наблюдали динамику адаптационного потенциала испытуемых. Разберем полученные результаты.

Ниже мы представили каждое из состояний отдельно друг от друга, специально не проводя параллели между ними.

Начнем с предстартового состояния или оперативного покоя. Исходя из показателей тестов, мы можем сделать вывод, что сейчас преобладает состояние боевой готовности, но все же есть нюансы. В таблице 2 представлены средние показатели тестов группы испытуемых в состоянии оперативного покоя.

Таблица 2. Средние показатели тестов испытуемых в состоянии оперативного покоя

Показатель	Результат
Самочувствие	58,8
Активность	53,8
Настроение	59,66666667
Коэффициент Уипла	749,9333333
Вегетативный коэффициент	1,166666667
Отклонение от АТ-нормы	12,26666667
Слова	6,933333333
Частота сердечных сокращений	62,4
Частота дыхания	21,6
Проба Штанге	71,6
Проба Генча	31,66666667

Показатели первого теста (САН), как мы видим, находятся в диапазоне нормы, то есть самочувствие, активность и настроение в данной ситуации позволят выполнить боевую задачу.

Коэффициент Уипла указывает на высокий уровень работоспособности. Но, как правило, этот показатель обеспечен не большим количеством выполненных заданий, а точностью их исполнения, которая и обусловила столь высокий показатель.

Также на вариант нормы нам указывает тест на запоминание слов.

А вот показатели вегетативного коэффициента и отклонения от аутогенной нормы указывают на признаки утомления молодых военнослужащих. Из этого можно сделать вывод, что даже при высоком уровне работоспособности показатели эффективности будут низкими. Следующие показатели помогут нам выяснить, чем обусловлена такая картина исследования.

Результаты замеров частоте сердечных сокращений немного ниже нормы, но при этом частота дыхания превышает нормальные показатели, что может указывать на утомление или эмоциональном выгорании в стадии резистентности, то есть задействования резервов организма. Эта ситуация указывает на высокие физиологические затраты для проделывания такого количества работы.

Такое заключение доказывают пробы Штанге и Генча, которые показывают очень низкий результат. Иными словами, сердечно-сосудистая система работает на пределе.

Осмыслив вышеперечисленные моменты мы можем сделать вывод о том, что высокие показатели работоспособности испытуемых достигаются огромными физиологическими затратами, это указывает на низкую эффективность труда и позволяет прогнозировать в будущем выгорание или поверхностное выполнение обязанностей.

Это объясняется тем, что люди просто не успевают восстановиться после предыдущего дежурства и заступают в следующее (через 24 часа). При этом они не могут получить дополнительные 4 часа отдыха и не освобождаются от повседневных служебных обязанностей. Такой образ жизни заставляет организм задействовать резервы, и в момент исследования военнослужащие были в состоянии, которое мы описали выше. Таким образом увеличение психофизиологических затрат при выполнении деятельности приводит к привлечению все новых ресурсов, новых систем для выполнения задачи. Мы можем сделать вывод, что, несмотря на вполне удовлетворительные результаты деятельности, эффективность труда очень невысокая.

Следующим действием будет рассмотрение нами состояния утомления. Экспериментальные данные представлены в таблице 3. Здесь указаны данные второго и третьего обследования (утро и вечер) за сутки.

Таблица 3. Средние показатели тестов испытуемых в состоянии утомления

Показатель	Утро	Вечер
Самочувствие	49,06667	43,26667
Активность	44,4	36,93333
Настроение	51,26667	45,6
Коэффициент Уипла	689,2	707,5333
Вегетативный коэффициент	1,073333	0,9
Отклонение от АТ-нормы	12,73333	14,66667
Слова	5,733333	4,8
Частота сердечных сокращений	68,5	68,8
Частота дыхания	20,8	20,8
Проба Штанге	67,46667	58,8
Проба Генча	30,8	30,33333

По показателям первой методики (САН), проводя сравнение результатов утреннего обследования и вечернего, мы видим, что они снизились, выявляя признаки утомления.

Коэффициент Уипла показывает рост работоспособности, так как обследование проводилось вечером, непосредственно перед сдачей дежурства (наряда), этот пик, как бы выбивающийся из картины утомления, становится понятным. Данный феномен принято

называть «финишным рывком». Его мы можем наблюдать и в классических графиках интенсивности труда, в которых этот пик, перед завершением деятельности, всегда присутствует.

Вегетативный коэффициент снизился незначительно, но отклонение от АТ-нормы превысило несколько единиц, за счет того, что организм отказывается от активности, и возрастает его потребность в отдыхе. Но отклонение незначительное. Такой уровень утомления можно решить несколькими часами отдыха и полноценным сном.

Проба на запоминание слов дает в среднем снижение результатов на одно слово, что также говорит нам об утомлении испытуемых.

Показатели частоты сердечных сокращений и частоты дыхания не изменились, так как организм справляется с нагрузкой эффективно, на момент исследования.

Последние показатели (пробы Штанге и Генча) выявляют снижение возможностей сердечно-сосудистой системы, но, показывая актуальный уровень утомления, они не спустились к критическим показателям, что говорит о способности организма компенсировать затраты, требуемые для выполнения деятельности.

Таким образом, опираясь на вышесказанное, можно сделать вывод о том, что утомление как состояние проявляется на всех уровнях диагностики: как психологическом, так и физиологическом. Но при этом коэффициент Уипла показывает нам взрыв активности к концу дежурства (наряда). В соответствии с вышесказанным мы делаем вывод о том, что эффективность дальнейшей деятельности не будет иметь высокой эффективности.

Следующее состояние – монотонии. Средние показатели тестов представлены в таблице №4.

Таблица 4. Средние показатели тестов испытуемых в состоянии монотонии

Показатель	Утро	Вечер
Самочувствие	50,15385	46,84615
Активность	40,61538	33,84615
Настроение	51,69231	47,30769
Коэффициент Уипла	679,5385	694,6923
Вегетативный коэффициент	0,908333	0,825
Отклонение от АТ-нормы)	12,84615	12,38462
Слова	5,384615	5,615385
Частота сердечных сокращений	65,8461	70,7692
Частота дыхания	20,6	20,9230
Проба Штанге	59,84615	61,38462
Проба Генча	21,07692	21,38462

По данным первого теста (САН) показатели методики имеют снижение к вечеру, показывая картину утомления, то есть самоотчет испытуемых показывает состояние утомления.

Коэффициент Уипла, также как при утомлении, возрастает.

Вегетативный коэффициент и отклонение от АТ-нормы остается практически неизменным, что отличается от признаков утомления.

Количество запомненных слов также практически не изменилось, лишь слегка возросло, но и это противоречит пониманию утомления и выявляет монотонию.

Следующие показатели: частота сердечных сокращений и частота дыхания практически не изменились, что показывает норму функционирования организма.

Проба Штанге дает нам интересные результаты. Возрастает время задержки дыхания, что свидетельствует о возросшем потенциале сердечно-сосудистой системы. По нашему мнению, это связано со сменой деятельности и возвращением в активное состояние оптимальной работоспособности.

Проба Генча не дает столь исчерпывающего материала как проба Штанге.

Таким образом, мы делаем вывод о том, что состояние монотонии характеризуется субъективными признаками утомления при общем нормальном состоянии физиологических функций, которые (признаки) устраняются сразу же после смены деятельности.

Следующее состояние – стресс. Данные по средним показателям методик указаны в таблице 5.

Таблица 5. Средние показатели тестов испытуемых в состоянии стресса

Показатель	Результат
Самочувствие	58,8
Активность	63,33333
Настроение	59,66667
Коэффициент Уипла	656,2667
Вегетативный коэффициент	2,306667
Отклонение от АТ-нормы)	18,73333
Слова	4,8
Частота сердечных сокращений	91,2
Частота дыхания	29.332
Проба Штанге	47,46667
Проба Генча	17,53333

По результатам первой методики все показатели сильно возросли. Наиболее высок показатель активности, который достиг такой отметки из-за привлечения новых ресурсов и возбуждения организма для адекватной адаптации к условиям среды.

Коэффициент Уипла очень низок, так как организм испытуемого предпринимает, на момент выполнения задания, попытки адаптации к окружающей обстановке, а, следовательно, увлекает за собой внимание, что привело к большому количеству ошибок.

Повышение вегетативного коэффициента и отклонения от АТ-нормы выявляют увеличение активности, а потребность в отдыхе занимает в иерархии предпоследнее место. Таким образом, можно сделать вывод о повышении физиологической активности.

Следующий показатель – количество запомненных слов. Он тоже низок, если округлить - составляет всего пять слов. Это объясняется теми же комментариями, что были написаны о коэффициенте Уипла.

Частота сердечных сокращений возросла до довольно высоких показателей. Если в норме это 60-70 ударов, то у испытуемых мы наблюдаем 91 удар в минуту. Частота дыхания также возросла. Эти две функции призваны обеспечить организм кровью, ускорить оборот полезных веществ, насытить организм кислородом для обеспечения мобилизации ресурсов и выработку энергии для адекватной адаптации.

Пробы Штанге и Генча дают низкий результат, что объясняется необходимостью организма в потреблении кислорода и быстрой его переработке.

Итак, в состоянии стресса мы наблюдаем как психическое возбуждение, проявившее себя в показателях методики (САН), так и физиологическое возбуждение с одновременным торможением сфер деятельности, второстепенных по отношению к выработке приспособительного акта.

Далее мы дадим средние результаты показателей тестов в оптимальном рабочем состоянии. Они представлены в таблице 6.

Таблица 6. Средние показатели тестов испытуемых в оптимальном рабочем состоянии

Показатель	Результат
Самочувствие	57,8
Активность	62,4

Показатель	Результат
Настроение	60,2
Коэффициент Уипла	700
Вегетативный коэффициент	1,5
Отклонение от АТ-нормы	8
Слова	8,2331
Частота сердечных сокращений	68,4325
Частота дыхания	13,6
Проба	65
Проба Генча)	35,7341

Такие результаты трудно использовать в практической деятельности, поэтому мы посчитали стеновые баллы тестов и, опираясь на результаты тестов при оптимальном рабочем состоянии, рассчитали диапазон допустимых значений. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7. Диапазон допустимых значений показателей методик

Показатель	Результат
Самочувствие	50-70
Активность	50-70
Настроение	50-70
Коэффициент Уипла	650-800
Вегетативный коэффициент	1,1-1,8
Отклонение от АТ-нормы	6-10
Слова	выше 7
Частота сердечных сокращений	60-70
Частота дыхания	10-15
Проба Штанге	выше 55
Проба Генча	выше 28

Такие результаты более наглядны и позволяют найти предел, когда состояние остается в рамках нормального.

На этом описание результатов по изучению состояний закончено. Приступим к характеристике личностного адаптационного потенциала.

На диаграмме 1 (рисунок № 1) представлен средний результат показателя личностного адаптационного потенциала (ЛАП) по методике МЛО «Адаптивность» в стенах.

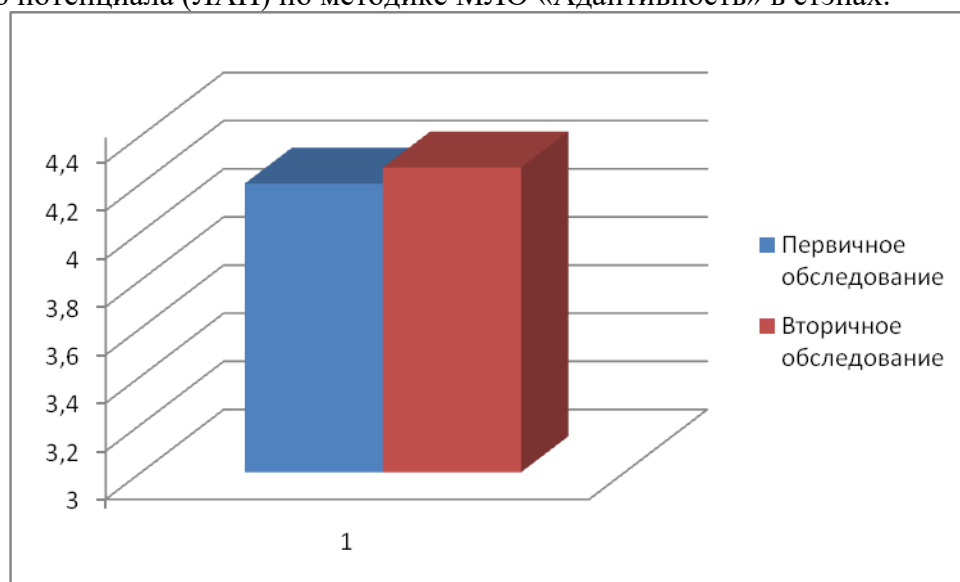


Рис. 1. Результаты шкалы ЛАП в группе, не принимавшей участие в тренинге

Мы видим, что результаты практически не отличаются, разница составляет лишь одну десятую стана. А на диаграмме №2 (рисунок № 2) показаны результаты группы, принимавшей участие в тренинге.

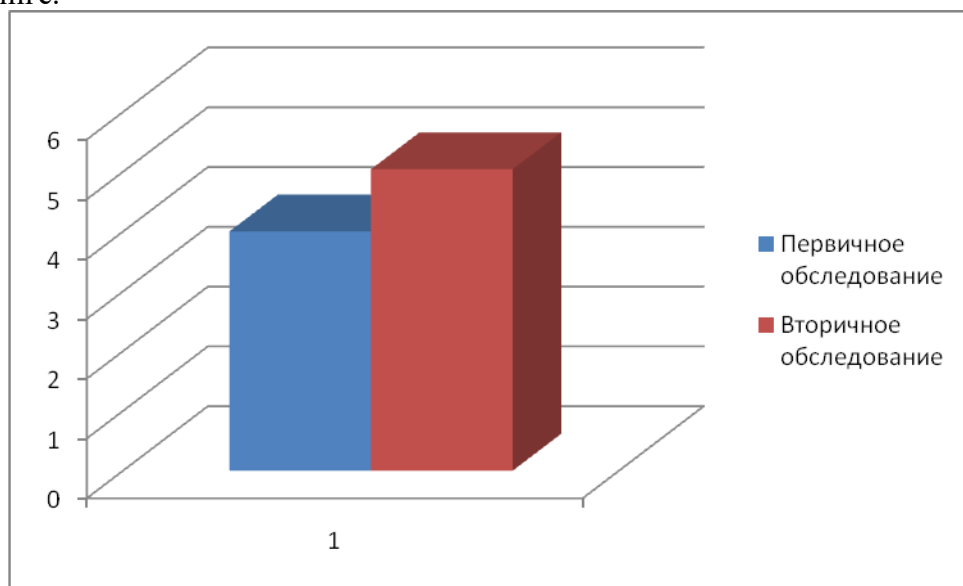


Рис. 2. Результаты шкалы ЛАП в группе, принимавшей участие в тренинге

Как видно из диаграммы 2, результат ЛАП возрос на один стан. Это довольно высокий показатель, учитывая малый срок взаимодействия. Тренинговая группа показала, что личностный адаптационный потенциал вырос, чему способствовала программа тренинга. Такой результат был получен за счет тренинговых процедур по сплочению коллектива, сеансов по управлению функциональными состояниями, навыками релаксации и небольшой работой по формированию определенных мировоззренческих позиций.

Список литературы:

1. Войтенко А.М., Корнилова А.А., Пашкин С.Б. Психофизиологические основы безопасности операторской деятельности. Ростов-на-Дону: Изд-во РостГМУ, 2017. 64 с.
2. Войтенко А.М., Корнилова А.А., Пашкин С.Б. Современные методы сохранения военно-профессиональной работоспособности. Ростов н/Д: Изд-во ИП Беспмятнов С.В., 2016. 80 с.
3. Пашкин С.Б., Вачугова О.А., Саркисова Е.А. Результаты эмпирического исследования социально-психологической адаптации военнослужащих по призыву к условиям воинской деятельности // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сборник научных трудов. 2021. №1(13). СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2021. С. 259-275.
4. Пашкин С.Б., Гаврилов А.В. О некоторых актуальных аспектах управления морально-психологическим обеспечением воинской деятельности // Социально-гуманитарные аспекты военного управления: сборник научных статей / под общей ред. д.п.н., профессора И.И. Соколовой. СПб.: Изд-во ВВМ, 2020. С. 119-125.
5. Пашкин С.Б., Головачев А.В., Савинская А.С. Психологическое благополучие как условие успешной адаптации курсантов к повседневной деятельности // Военный инженер. 2020. 1(15). С. 43-54.
6. Пашкин С. Б., Саркисов С.В., Радюкин Е.Е., Саркисова Е.А. Комплект свернутых информационных конструкций и схем для запоминания по психологии и педагогике // ВИ(ИТ). - СПб., 2019. – 84 с.
7. Пашкин С.Б., Захарова Е.Е. Организация и результаты исследования проблем первичной социально-психологической адаптации военнослужащих // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов. СПб.: Изд-во Политехнического университета, Выпуск 3(9) 2018. С. 297-310.

8. Пашкин С.Б., Лисовская Н.Б., Саркисова Е.А. Копинг-поведение личности как ресурс профессиональной адаптации военнослужащих // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сборник научных трудов. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2020. С. 376-391.
9. Пашкин С.Б., Лисовская Н.Б. Психологические факторы успешности специалистов при исполнении должностных обязанностей // XIII Санкт-Петербургский конгресс «Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке» (20-22 ноября 2019 г.): Сборник трудов / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2019. С. 172-174.
10. Пашкин С.Б., Лисовская Н.Б., Саркисова Е.А. Профессиональный стресс в служебной деятельности: содержание, причины и способы преодоления // Сборник материалов заочной научно-методической конференции «Исследование возможности применения опыта зарубежных стран в высшем образовании для вузов РФ». 24 ноября 2020 года. Петергов: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2021. С. 128-136.
11. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Мозерова Е.С., Зайченко С.М. Психофизиологические факторы готовности к экстремальной профессиональной деятельности // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сборник научных трудов. 2021. №1(13). СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2021. С. 276-286.
12. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Мозерова Е.С. Психолого-педагогические аспекты изучения индивидуальных особенностей военнослужащих // Военный инженер. 2018. - №3(9). С. 48-59.
13. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Мозерова Е.С. Актуальные аспекты оказания психологической помощи военнослужащим // Военный инженер. 2019. №3(13). С. 48-57.
14. Пашкин С.Б., Мозеров С.А., Корнилова А.А., Мозерова Е.С. Посттравматические стрессовые расстройства и особенности медико-психологической реабилитации военнослужащих-участников боевых действий // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации: сборник научных трудов / под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. В.Б. Коновалова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, Выпуск 1(7) 2018. С. 130-141.
15. Пашкин С.Б., Пунина В.О., Саркисова Е.А. Практико-технологический регламент и механизм оптимизации социально-психологической адаптации военнослужащих по призыву // Военный инженер. 2020. №2(16). С. 54-65.
16. Пашкин С.Б., Турчин А.С., Саркисова Е.А. Система мероприятий психологической помощи военнослужащим в интересах укрепления, сохранения, восстановления психического здоровья // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2020. №1(10). С. 82-88.
17. Борисов А.А., Саркисов С.В., Салькова Д.В. Оценка эффективности профессионального становления командира подразделения // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. № 3 (4). С. 354-365.
18. Пашкин С.Б., Пунина В.А., Саркисова Е.А. Оценка социально-психологической адаптации военнослужащих срочной службы // Военный инженер, СПб, 2021. - № 1 (19). -с. 60-66.

Суть требований системной инженерии к технологии проектирования локальной системы обучения военного вуза**The essence of the requirements of system engineering for the technology of designing a local training system of a military university**

Аннотация. в статье обосновываются требования системной инженерии к технологии проектирования локальной системы обучения военного вуза. Приводятся особенности классического варианта метода системной инженерии, определяемые ориентацией на проектирование объектов класса «комплексная система». Раскрывается существо проблемы адаптации классического варианта метода системной инженерии к проектированию объектов класса «система систем (SoS)». Обосновывается перспективность рассмотрения метода системной инженерии как методологического средства проектирования локальных систем обучения и его развития на основе положений педагогики.

Abstract. the article substantiates the requirements of system engineering for the technology of designing a local training system of a military university. The features of the classical version of the system engineering method are given, determined by the orientation to the design of objects of the "complex system" class. The essence of the problem of adapting the classical version of the system engineering method to the design of objects of the "system of systems (SoS)" class is revealed. The article substantiates the prospects of considering the system engineering method as a methodological tool for designing local learning systems and its development based on the provisions of pedagogy.

Ключевые слова: проектирование, системная инженерия, система обучения, локальная система обучения.

Keywords: design, system engineering, training system, local training system.

Для обеспечения эффективности процесса подготовки военных специалистов технология проектирования локальной системы обучения военного вуза (ЛСО ВВ) должна обеспечить реализацию следующих характеристик метода системной инженерии, гарантирующих его общепризнанную успешность: 1) обязательность выявления полной проектной ситуации, включающей внешние требования к проектируемой системе, а также особенности стейкхолдеров («лиц полномочных принимать решения по всем частям руководимой ими системы, полномочных распоряжаться всем, что в границах их системы» [1, С. 145]), которые должны войти в ее состав; 2) ориентацию на выявление некоторого множества альтернативных проектных решений и последующего поиска оптимального сочетания выявленных альтернатив в структуре проектируемой системы; 3) невозможность признания частных проектных решений приемлемыми до момента их успешной верификации, а процесса создания проектируемой системы законченным – до момента ее успешной валидации. Эти характеристики метода системной инженерии должны рассматриваться как требования к технологии проектирования ЛСО ВВ.

Для разработки технологии проектирования ЛСО ВВ представляется необходимым, во-первых, уточнить содержание этих требований применительно к объектам проектирования класса «система систем (SoS)», которым является ЛСО ВВ, а, во-вторых, выяснить, какие из

общепринятых в педагогике этапов проектирования процесса обучения нуждаются в адаптации к обозначенным требованиям.

В [2] была обоснована совокупность характеристик (факторов) ЛСО ВВ, оказывающих доминирующее влияние на результаты ее функционирования. К числу таких факторов были отнесены следующие характеристики ЛСО ВВ: 1) технология обучения – интегральный фактор, включающий в себя характеристики тактики и стратегии обучения, которые могут быть реализованы только совместно; 2) исходный уровень обученности обучаемых; 3) уровень мотивации обучаемых на достижение целей обучения. В соответствии с этим решением первое требование метода системной инженерии к технологии проектирования ЛСО ВВ может быть представлено в следующем виде: обязательность выявления полной проектной ситуации, включающей внешние требования к проектируемой ЛСО ВВ, а также оценки исходного уровня обученности и учебной мотивации стейкхолдеров-обучаемых, входящих в ее состав.

Выполнение второго и третьего требований системной инженерии требует анализа принятых в педагогике схем проектирования процесса обучения.

В педагогике педагогический проект определяется как «цикл продуктивной педагогической деятельности, который реализуется в определенной временной последовательности по фазам, стадиям и этапам» [3, С. 5]. Этот цикл включает три фазы: «1) фазу проектирования, результатом которой является построенная модель создаваемой педагогической системы и план ее реализации; 2) технологическая фаза, результатом которой является реализация системы; 3) рефлексивную фазу, результатом которой является оценка реализованной системы и определение необходимости либо ее дальнейшей коррекции, либо «запуска» нового проекта» [3, С. 8].

Начальная фаза педагогического проекта – фаза проектирования. Она включает: 1) концептуальную стадию, состоящую из пяти этапов (выявления противоречий, формулирования проблемы, определения проблематики, определения цели, выбора критериев); 2) стадию моделирования, объединяющую три этапа (построения моделей, оптимизации моделей, принятия решения о выборе модели); 3) стадию конструирования системы, состоящую из четырех этапов (декомпозиции, агрегирования, исследования условий и построения программы); 4) стадию технологической подготовки.

Следующей стадией фазы проектирования становится ее моделирование. «Модели являются способом организации практических действий, способом представления как бы образцово правильных действий и их результатов, то есть является рабочим представлением, образом будущей системы» [3, С. 43]. Стадия моделирования включает в себя этапы построения моделей; оптимизации моделей и выбора модели (принятия решения). «Наиболее распространенным методом моделирования педагогических систем является метод сценариев. Кроме сценариев используются: методы сетевого моделирования, методы структуризации, деловые игры, организационно-деятельностные игры, организационно педагогические игры, метод мозгового штурма и др.» [4, С. 163]. Представляется необходимым отметить, что все перечисленные А.М. Новиковым методы направлены на творческий поиск и разработку способов решения новой задачи. Иначе говоря, в педагогике задача проектирования образовательного процесса всегда рассматривается как индивидуальная задача, являющаяся вариантом неизвестной родовой задачи.

Оптимизация моделей заключается в поиске среди множества возможных вариантов моделей тех, которые являются наилучшими в заданных условиях. «Выбор одной-единственной модели для дальнейшей реализации является последним и наиболее ответственным этапом стадии моделирования, его завершением. Рано или поздно наступает момент, когда дальнейшие

действия могут быть различными, приводящими к разным результатам, а реализовать можно только одно. Причем вернуться к исходной ситуации, как правило, уже невозможно» [3, С. 58]. «В любом случае выбор (принятие решения) является процессом субъективным, и лицо (лица), принимающие решение, должны нести за него ответственность» [4, С. 163].

Представленное содержание фазы моделирования в явном виде нарушает второе требование метода системной инженерии, диктующее выявлять в процесс проектирования некоторое множество альтернативных решений, а затем осуществлять поиск оптимального сочетания выявленных альтернатив в структуре проектируемой системы. Причиной нарушения этого требования является то, что по умолчанию все рассматриваемые в педагогике схемы проектирования ориентированы на поиск новых проектных решений (новых технологий и методик обучения) при полном игнорировании информации об имеющемся арсенале апробированном технологий и методик обучения. Эта причина вызывается той научно-исследовательской направленностью принятых в педагогике схем проектирования образовательного процесса, которая диктует поиск, прежде всего, новых, а уже затем – наиболее приемлемых решений.

Необходимо отметить, что при реализации метода системной инженерии сама задача педагогического проектирования должна рассматриваться как родовая задача педагогической деятельности, которая имеет целый арсенал апробированных решений. Такая классификация проектной задачи, если не исключает, то существенно ограничивает применение разрабатываемой технологии для поиска новых технологий обучения, но взамен обеспечивает использование всего арсенала апробированных технологий обучения для достижения эффективности проектируемой ЛСО ВВ.

Поэтому в разрабатываемой технологии проектирования ЛСО ВВ выдвигаемое в системной инженерии требование выявления некоторого множества альтернативных проектных решений предполагается выполнить не за счет разработки новых, ранее неизвестных методов и методик обучения, а за счет выявления в арсенале педагогики тех технологий и методик обучения, которые наиболее полно соответствующих целям функционирования и особенностям проектируемой ЛСО ВВ. Другими словами, та технология (методика) обучения, которая будет предложена к использованию в ЛСО ВВ в результате реализации разрабатываемой технологии проектирования, будет наиболее предпочтительной в рассматриваемой ситуации, но не будет новой, т.е. не будет обладать признаком новизны, характерным для результатов научных исследований.

Таким образом, для адаптации педагогической схемы проектирования процесса обучения ко второму требованию метода системной инженерии необходимо изменить подход к решению задачи проектирования обучения:

1) саму задачу проектирования рассматривать не как новую индивидуальную задачу, решение которой требует от решателя самостоятельной разработки алгоритма ее решения, а как частный вариант известной родовой (типовой) задачи, имеющей арсенал альтернативных апробированных решений;

2) процесс проектирования следует рассматривать не как процесс самостоятельного творческого поиска объективно или субъективно нового решения, а как процесс выявления в имеющемся арсенале апробированных типовых решений тех его вариантов, которые наиболее полно отвечают полной проектной ситуации (требованиям к ЛСО ВВ и ее специфическим особенностям).

Стадия конструирования в педагогической схеме проектирования состоит в определении конкретных способов и средств реализации выбранной модели в рамках имеющихся условий.

Процесс конструирования включает в себя этапы декомпозиции, агрегирования, исследования условий и построения программы (сценария). Декомпозиция – процесс разделения общей цели проектируемой системы на отдельные подцели-задачи в соответствии с выбранной моделью. Агрегирование – процесс, в определенном смысле противоположный декомпозиции – процесс согласования отдельных задач реализации проекта между собой. Исследование условий реализации модели – любая модель педагогической системы может быть реализована в практике лишь при наличии определенных условий. Построение программы (сценарий) – конкретный план действий по реализации модели в определенных условиях и в установленные (определенные) сроки.

«Последняя стадия фазы проектирования педагогических (образовательных) систем – стадия технологической подготовки» [3, С. 71–72]. Она заключается в подготовке рабочих материалов, необходимых для реализации спроектированной системы: в разработке методик, учебно-программной документации, методических разработок, программного обеспечения и т.п.

Технологическая фаза педагогического проекта определяется как «реализация спроектированной педагогической системы, т.е. технологическая фаза проекта будет приходиться на совместную деятельность педагога и обучающегося, что относится к педагогическому процессу» [4, С. 164].

Рефлексивная фаза педагогического проекта – это фаза осмысления, сравнения и оценки педагогом исходного и конечного состояния проектируемого объекта и самого себя как субъекта своей продуктивной деятельности.

Завершая описание педагогического цикла проектирования, представляется необходимым обратить внимание на тот факт, что в заключении описания фазы проектирования А.М. Новиков до описания технологической и рефлексивной фаз проекта высказывает следующее положение: «Таким образом, мы рассмотрели всю последовательность проектирования педагогических систем во всей ее полноте» [4, С. 164]. Утверждение о завершении процесса педагогического проектирования в первой же фазе разработки проекта – это не ошибка автора, поскольку он заранее предупреждает, что различает понятия «проект» и «проектирование»: «Здесь нам необходимо еще раз специально оговорить, во избежание дальнейшей возможной путаницы отличие понятий проект и проектирование. Проектирование – это начальная фаза проекта. Действительно, любая продуктивная (инновационная) деятельность, любой проект требуют своего целеполагания – проектирования» [3, С. 15]. «Педагогическим проектированием, если говорить коротко, называют предварительную разработку деталей педагогических систем» [4, С. 157].

А.М. Новиков, также как и большинство авторов, работающих в области педагогического проектирования, считает, что сам процесс педагогического проектирования завершается после принятия решения о выборе модели (в терминологии А.М. Новикова) или разработки функционального описания (в терминологии системной инженерии). Технологическая фаза проекта, которая в соответствии с методом системной инженерии должна включать верификацию альтернативных проектных решений, а также его рефлексивная фаза, которая должна предполагать валидацию результата проектирования, в педагогике исключаются из процесса проектирования и представляются только как процедуры апостериорного оценивания уже окончательно принятого решения.

Хотя названия компонент в структурах процессов проектирования в системной инженерии и в педагогике не совпадают, результаты смыслового анализа реализуемых в соответствии с этими структурами действий позволяют утверждать, что в принятой в педагогике структуре процесса выполнения проекта полностью отсутствуют действия, выполняемые на

этапе «Валидация проектных решений» высокоуровневой блок-схемы метода системной инженерии. Суть проектных действий, которые в педагогических схемах исключаются из состава деятельности проектирования, но реализуются в методе системной инженерии, А.И. Косяков определяет следующим образом: «Валидация проектных решений (верификация и оценка). Типичные действия: 1) проектирование моделей окружения системы (логической, математической, имитационной и физической), отражающих все существенные аспекты требований и ограничений; 2) имитация (испытание) и анализ альтернативных системных решений на моделях окружения; 3) при необходимости – выполнение итераций для корректировки модели системы или моделей окружения или для ослабления слишком жестких требований, до тех пор, пока проектные решения и требования не будут полностью согласованы» [1, С. 151].

Из последнего следует, что для адаптации педагогических схем проектирования процесса обучения к третьему требованию системной инженерии необходимо изменить цели и содержание технологической и рефлексивной фаз педагогического проекта, соответственно обозначив их как фазы оценки альтернатив (экспериментальная реализация и верификация альтернативных проектных решений) и принятия решения (выбор из альтернативных проектных решений наиболее предпочтительного варианта, его валидация и принятие окончательного решения).

Список литературы:

1. Косяков А., Свит У. и др. Системная инженерия. Принципы и практика. Пер. с англ. под ред. В.К. Батоврина. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 624 с.
2. Остроумова Ю.С. Метод определения факторов, оказывающих доминирующее влияние на результативность образовательного процесса военного вуза // Ученые записки Орловского государственного университета. 2021. №1 (90). С. 235–239.
3. Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект (методология образовательной деятельности). – М.: «Эгвес», 2004. – 120 с.
4. Новиков А.М. Педагогика: словарь системы основных понятий. – М.: Издательский центр ИЭТ, 2013. – 268 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Абсалимов Дамир Расимович , доктор технических наук, доцент. начальник 43 кафедры, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского. e-mail: vka@mil.ru	Absalyamov Damir R. , doctor of technical Sciences, Head of the 43rd Department, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky e-mail: vka@mil.ru
Александров Сергей Валентинович , кандидат технических наук, преподаватель 4 кафедры (тепло- и электрообеспечения специальных технических систем и объектов), ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail: a9627071917@yandex.ru	Aleksandrov Sergey V. , candidate of technical sciences, teacher of 4 departments (heat and electricity supply of special technical systems and facilities), MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: a9627071917@yandex.ru
Белый Олег Юрьевич , младший научный сотрудник, Федеральное государственное автономное учреждение «Военный инновационный технополис «ЭРА» e-mail: olegbelyi@yandex.ru	Belyi Oleg Y. , junior researcher, Federal state autonomous institution «Military Innovativ Technopolis «ERA» e-mail: olegbelyi@yandex.ru
Беляев Максим Алексеевич , кандидат технических наук, доцент, доцент 4 кафедры (тепло- и электрообеспечения специальных технических систем и объектов), ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail: bel.mih@bk.ru	Belyaev Maksim A. , candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of 4 departments (heat and electricity supply of special technical systems and facilities), MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: bel.mih@bk.ru
Борисов Алексей Александрович , кандидат технических наук профессор, начальник кафедры физической подготовки, ВИ(ИТ) ВА МТО e-mail:	Borisov Aleksey V. , candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physical Training, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Булат Роман Евгеньевич , доктор педагогических наук доцент, Заведующий кафедрой педагогики и психологии экстремальных ситуаций, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России» e-mail: bulatrem@mail.ru	Bulat Roman E. , doctor of pedagogical Sciences, associate Professor, Head of the Department of pedagogy and psychology of extreme situations, St. Petersburg University Of the state fire service of EMERCOM of Russia e-mail: bulatrem@mail.ru
Вакуненко Вячеслав Александрович , кандидат технических наук, ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, докторант e-mail: vakyn@mail.ru	Vakunenko Vyacheslav A. , candidate of technical Sciences, VAMTO named after army General A.V. Khrulev, doctoral e-mail: vakyn@mail.ru
Волкова Александра Викторовна , магистрант кафедры «Психологии профессиональной деятельности» Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, e-mail: bfutest21@yandex.ru	Volkova Alexandra V. , Master's student of the Department of "Psychology of Professional Activity" of the A.I. Herzen Russian State Pedagogical University, e-mail: bfutest21@yandex.ru
Дубинин Сергей Григорьевич , кандидат технических наук профессор, кафедры технического обеспечения, ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва» e-mail:	Dubinin Sergey G. , candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Support The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail:
Евдокимов Вячеслав Иванович , кандидат технических наук, доцент, ведущий научный	Vyacheslav Ivanovich E. , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher,

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт транспортного машиностроения (ВНИИТрасмаш) e-mail: viatcheslav1946@mail.ru.	All-Russian Research Institute of Transport Engineering (VNIITrasmash) e-mail: viatcheslav1946@mail.ru.
Живулько Сергей Анатольевич , начальник научно-исследовательского отдела проектирования энергоустановок, Филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» e-mail: szhivulko@mail.ru	Zhivulko Sergey A. , Head of Powerplant R&D Department, SET Branch, Krylov State Research Centre e-mail: szhivulko@mail.ru
Жогликов Олег Валерьевич , адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва» e-mail: legmsk08@rambler.ru	Zhoglikov Oleg V. , post graduate student, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: legmsk08@rambler.ru
Захаров Владимир Игоревич , адъюнкт 4 кафедры технического обеспечения, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, e-mail: zaxar7979@mail.ru	Zakharov Vladimir I. , post graduate student of the 4th Department of Technical Support, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: zaxar7979@mail.ru
Казаков Николай Павлович , доктор экономических наук, доцент, научный сотрудник НИИ (ВСИ МТО ВСРФ) ВА МТО e-mail: knpdoc49@mail.ru	Kazakov Nikolay P. , Doctor of Economics, Associate Professor, Researcher at the Research Institute (VSI MTO of the Armed Forces of the Russian Federation) VA MTO e-mail: knpdoc49@mail.ru
Кашеев Роман Леонидович , кандидат технических наук доцент, заместитель начальника института по учебной и научной работе, ВИ(ИТ) ВА МТО	Kascheev Roman L. , candidate of Technical Sciences associate Professor, deputy Head of the Institute for Academic and Scientific Work, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics
Коновалов Владимир Борисович , доктор экономических наук, профессор, заместитель начальника Военной академии материально-технического обеспечения e-mail: vlad.conovalov@yandex.ru	Konovalov Vladimir B. , doctor of economics, professor, Deputy Head of The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: vlad.conovalov@yandex.ru
Лебедев Андрей Юрьевич , Заместитель начальника института – начальник организационно-методического отдела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России» e-mail: lebedev@igps.ru	Lebedev Andrei Y. , Deputy head of the Institute – head of the organizational and methodological Department, St. Petersburg University Of the state fire service of EMERCOM of Russia. e-mail: lebedev@igps.ru
Левчук Анатолий Александрович , кандидат технических наук, доцент 103 кафедры Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского e-mail: vka@mil.ru	Levchuk Anatoly A. , Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the 103 Department of the Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky e-mail: vka@mil.ru
Лопатин Николай Владимирович , адъюнкт, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: Lopatin.08@mail.ru	Lopatin Nikolay V. , post-graduate student, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics, e-mail: Lopatin.08@mail.ru

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	INFORMATION ABOUT THE AUTHORS
Остроумова Юлия Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент, начальник НИО (инновационной и интеллектуальной деятельности), Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Будённого e-mail: sinklit@mail.ru	Ostroumova Yuliya S., Ph. D. in Pedagogy, associate professor, Head of Research and Development (innovation and intellectual activity), Military Order of Zhukov and Lenin Red Banner Telecommunications Academy named after the Soviet Union Marshal S. M. Budyonny e-mail: sinklit@mail.ru
Павленок Андрей Михайлович, кандидат технических наук, ВИ(ИТ) ВАМТО имени генерала армии А. В. Хрулёва, начальник кафедры электроснабжения, электрооборудования и автоматики, e-mail: ruvitu@gmail.com	Pavlenok Andrey M., candidate of technical Sciences, MI(E) MAL named after army General A.V. Khrulev, head of the Department "Power Supply, Electric and Automatic Equipment", e-mail: ruvitu@gmail.com
Пашкин Сергей Борисович, доктор педагогических наук, профессор, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, профессор кафедры, e-mail: sergejppashkin@mail.ru	Pashkin Sergey B., Doctor of Sciences (Pedagogy), professor, A. I. Gertsen Russian State Pedagogic University, professor, e-mail: sergejppashkin@mail.ru
Сайданов Виктор Олегович, доктор технических наук, профессор, профессор 4 кафедры, Военный институт (железнодорожных войск и военных сообщений) ВА МТО e-mail:saidanov_viktor@mail.ru	Saidanov Victor O., Doctor of Technical Sciences, professor, Professor 4 departments, military institute (railway troops and military communications) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail:saidanov_viktor@mail.ru
Саркисов Сергей Владимирович, доктор технических наук, начальник кафедры, ВИ(ИТ) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: ser-sark@yandex.ru	Sarkisov Sergey V., head of the department MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: ser-sark@yandex.ru
Саркисова Екатерина Анатольевна, преподаватель, ВИ(ИТ) Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева e-mail: ekaterishk@yandex.ru	Sarkisova Ekaterina A., the applicant, MI(E) The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: ekaterishk@yandex.ru
Спирин Антон Павлович, преподаватель кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии Хрулева e-mail: sap1410@mail.ru	Spirin Anton P., Teacher of the department of humanities and socio-economic disciplines, The General A.V. Khrulev Military Academy of logistics e-mail: sap1410@mail.ru
Хальметов Рамиль Ряшидович, адъюнкт 43 кафедры Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. e- mail: vka@mil.ru	Halmetov Ramil R., post graduate student of the 43rd Department of the Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky, e- mail: vka@mil.ru

