

ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

XXXI Международная научная конференция
"Техноконгресс"

**Сборник статей
международной
естественнонаучной
конференции
с публикацией в НЭБ elibrary.ru**

t-nauka.ru



Кемерово 2018

СБОРНИК СТАТЕЙ ТРИДЦАТЬ ПЕРВОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕХНОКОНГРЕСС»

05 ноября 2018 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISBN

Кемерово УДК 378.001. Сборник статей студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава. По результатам XXXI Международной научной конференции «Техноконгресс», 05 ноября 2018 г. www.t-nauka.ru / Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зими́на Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инженерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Кемерово 2018

В сборнике представлены материалы докладов по результатам научной конференции.

Цель – привлечение студентов к научной деятельности, формирование навыков выполнения научно-исследовательских работ, развитие инициативы в учебе и будущей деятельности в условиях рыночной экономики.

Для студентов, молодых ученых и преподавателей вузов.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Подписано в печать 05.11.2018 г.

Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 3.2. | Тираж 300.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.

Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Оглавление

1. О ПРИМЕНЕНИИ ГРАФО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА К АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ.....3
Сускин В.В., Капранов А.П., Потапов В.И.
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ПАРА.....12
Хапусов В.Г., Ермаков А.А., Подкорытов А.А.
3. РЕКОМЕНДАЦИИ КОМАНДИРУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ19
Прокофьев Д.В., Лаврентьев А.С.
4. МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК 23
Прокофьев Д.В., Петров В.В.
5. ПЛОЩАДКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ.....25
Прокофьев Д.В., Амурзаков Е.В.
6. РЕКОМЕНДАЦИИ КОМАНДИРУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТАКТИЧЕСКОЙ МАСКИРОВКИ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДЫМОВЫХ ЗАВЕС28
Прокофьев Д.В., Яковенко И.Н.

Статьи XXXI Международной научной конференции «Техноконгресс»

Сускин Виктор Васильевич

д.т.н., профессор Рязанского государственного радиотехнического университета

Victor V. Suskin

doctor of technical Sciences, Professor of Ryazan state radio engineering University

Капранов Александр Павлович

Старший преподаватель Рязанского государственного радиотехнического университета

Kapranov Alexander

senior lecturer, Ryazan state radio engineering University

Потапов Вадим ИгоревичНачальник опытно-экспериментального производства Филиал АО «РКЦ «Прогресс»-ОКБ
«Спектр», г. Рязань**Potapov Vadim**

Head of experimental production Branch of JSC " RCC "Progress" - ОКБ "Spectrum", Ryazan

УДК 343.640

**О ПРИМЕНЕНИИ ГРАФО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА К АНАЛИЗУ КАЧЕСТВА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ****ON THE APPLICATION OF GRAPH-THEORETICAL METHOD TO THE ANALYSIS OF
QUALITY OF FUNCTIONING OF ELECTRONIC EQUIPMENT**

Аннотация: В настоящей статье рассматриваются и сравниваются два метода анализа качества функционирования радиоэлектронных устройств. Первый метод основан на построении аналитической модели функционирования, а второй метод – на использовании теории графов. Проведенный сравнительный анализ двух этих моделей (аналитической и графовой), показал, что последний метод анализа качества функционирования устройств является более предпочтительным.

Abstract: this article discusses and compares two methods of analyzing the quality of functioning of electronic devices. The first method is based on the construction of an analytical model of functioning, and the second method – on the use of graph theory. The comparative analysis of these two models (analytical and graph) showed that the last method of analyzing the quality of the devices is more preferable.

Ключевые слова: качество, радиоэлектронное средство, функционирование, аналитическая зависимость, графовая модель, точность.

Keywords: quality, radio-electronic means, functioning, analytical dependence, graph model, accuracy

Введение

Рассмотрим решение проблемы обеспечения качества функционирования радиоэлектронного средства (РЭС) на стадиях проектирования, производства и эксплуатации изделия, т.е. на основных этапах его жизненного цикла. В качестве объекта исследования выберем регулятор напряжения системы автономного электроснабжения (САЭС) [1], который предназначен для автоматического поддержания переменного трехфазного напряжения 230 В с допустимыми отклонениями напряжения $\pm 5\%$. Качество контроля напряжения и сигнала подаваемого на силовые блоки определяется точностными характеристиками блока измерения, входящего в состав регулятора напряжения, что предъявляет особые требования к пределам допустимых отклонений и к элементной базе.

Блок измерения состоит из двух составных частей, выполненных по идентичной схеме и отличающиеся друг от друга только наличием внешнего регулятора. Поэтому рассмотрим работу блока измерения на примере одной части блока с регулятором. На выходах блока измерения происходит изменение полярности при изменении уровня напряжения питающей сети с 230 В. Уровень необходимый для коммутации силовых блоков составляет не менее 2,5 В.

Качество регулируемого напряжения определяет предельные точностные характеристики и возможности эксплуатационных требований потребителей. Рост этих требований к качеству

потребляемой электроэнергии ставит ряд задач повышающих эффективность регулирования – сокращение пределов допустимых отклонений выходных напряжений.

При проектировании объектов подобного типа, в следствии допустимых отклонений параметров элементов, возникают отклонения выходных характеристик изделия, поэтому на этапе проектирования необходимо проводить анализ (расчет) точности выходных характеристик функционирования изделия.

Целью настоящей работы является анализ точности функционирования САЭС полученной при проектировании, производстве и её эксплуатации.

Определив точность проектирования системы, её необходимо согласовать с последующим этапом жизненного цикла изделия – этапом производства. Для сложных технических систем при количестве схемных или механических элементов больше 5 сборка ведется с помощью компенсирующего или регулирующего элемента. При таком методе сборки необходимо определить расчетные значения компенсатора или регулятора, а так же величину выходной характеристики, определяемой погрешностью производственного процесса. Расчетное значение компенсатора или регулятора находится как разность между заданным допуском на выходные характеристики РЭС и расчетными значениями.

Кроме того, на этапе эксплуатации РЭС возникает дрейф выходных характеристик системы относительно номинального значения. Основными причинами, вызывающие дрейф нуля является изменение температуры, давления, влажности окружающей среды, изменение напряжения источников питания, старение активных и пассивных элементов РЭС. Эту величину дрейфа, влияющую на точность функционирования системы, необходимо так же рассчитать, чтобы спрогнозировать величину регулятора.

Таким образом, общая величина точности функционирования системы, величина компенсации определяется по формуле:

$$A_{\square} = A_{\square\Pi} + A_{\square T} + A_{\square Э} .$$

(1)

Где A_{\square} - общая величина компенсации; $A_{\square\Pi}$ - величина компенсации погрешностей проектирования изделия; $A_{\square T}$ – величина компенсации производственных погрешностей; $A_{\square Э}$ – величина компенсации погрешностей эксплуатации системы.

По расчетному значению, величины компенсации погрешностей проектирования изделия, выбирают номинальные значения параметров схемных элементов и их допуски для компенсации и регулирования выходных характеристик системы.

Для компенсации общей погрешности производства изделия может быть использована технология с применением метода подгонки или регулировки требуемых значений выходных характеристик РЭС. При производстве изделия с применением метода регулировки для компенсации A_{\square} используются схемные элементы с переменными параметрами. Этот метод менее трудоемкий и позволяет полностью компенсировать значение A_{\square} и свести её к нулю, кроме того использование переменных компенсаторов позволяет полностью устранить дрейф выходных характеристик, возникающий на этапе эксплуатации РЭС. Определив величину компенсации A_{\square} можно выбрать необходимую элементную базу для компенсации.

Аналитический метод анализа точности

Рассмотрим применение аналитического метода для расчета точности функционирования РЭС и на основе этого приведем расчет переменных компенсаторов. При системном подходе к исследованию точности функционирования РЭС необходимо установить взаимосвязь между отдельными этапами их жизненного цикла. Так на этапе проектирования необходимо выполнить расчет точности выходных физических характеристик и установить основные закономерности обеспечения этих характеристик на этапе производства изделия. Это в свою очередь позволит обосновать выбор элементной базы при проектировании, параметры технологических процессов, а также выбрать пределы настройки и регулировки при эксплуатации РЭС.

Функционирование системы описывается уравнением [2]:

$$Q_{0\Sigma} = F_0(Q_{0ВХ}, \Sigma q_{0i}), i = 1, n, \quad (2)$$

где $Q_{0ВХ}$ - номинальное значение входного сигнала (напряжение, ток, частота, мощность и т.п.); $Q_{0\Sigma}$ - номинальное значение выходного сигнала; q_{0i} - номинальное значение параметров схемных элементов; n - количество схемных элементов.

Уравнение (2) описывает функционирование идеальной системы. В реально изготовленной системе параметры q_{0i} не могут быть обеспечены абсолютно точно равными номиналу. Каждый из

параметров будет иметь погрешность Δq_i , входной сигнал - погрешность $\Delta Q_{вх}$, а выходной сигнал - погрешность ΔQ_{Σ} . Тогда уравнение (2) можно переписать в следующем виде:

$$Q_{\Sigma} = F(Q_{0вх} + \Delta Q_{вх}, \Sigma q_{0i} + \Delta q_i), i = 1, n, \quad (3)$$

где Q_{Σ} - реальное значение выходного сигнала.

Разложим уравнение (3) в ряд Тейлора по степеням $\Delta Q_{0вх}$ и Δq_i . При разложении ограничимся первой степенью разложения, т.к. $\Delta q_i < q_i$, $\Delta q_i^n \ll q_i^n$ и $\Delta Q_{0вх} < Q_{0вх}$, $\Delta Q_{0вх}^n \ll Q_{0вх}^n$. Заменяем дифференциал функции малыми конечными приращениями, получим:

$$Q_{\Sigma} = F(Q_{вх}, \Sigma q_i) + (\partial F / \partial Q_{вх}) \Delta Q_{вх} + \Sigma (\partial F / \partial q_i) \Delta q_i \dots \quad (4)$$

Определим погрешность выходного сигнала. Для этого вычтем из уравнения (4) уравнение (2), получим:

$$\Delta Q_{\Sigma} = [F(Q_{вх}, \Sigma q_i) - F_0(Q_{0вх}, \Sigma q_{0i})] + (\partial F / \partial Q_{вх}) \Delta Q_{вх} + \Sigma (\partial F / \partial q_i) \Delta q_i, i = 1, n. \quad (5)$$

Первое слагаемое выражения (5) определяет значение методической погрешности проектирования и производства, возникающей при конструктивной или производственной реализации не идеальной, а реальной (приближенной) зависимости Q_{Σ} от $Q_{вх}$ и q_i . Эта ошибка может быть найдена только расчетным путем или при сопоставлении результатов моделирования.

Второе слагаемое уравнения (5) оценивает величину погрешности входного сигнала. Уменьшение этой погрешности связано с необходимостью использования в РЭС высокоточных источников питания и стабильных источников входного сигнала.

Третье слагаемое уравнения (5) определяет величину погрешности, возникающей из-за отклонений параметров комплектующих элементов или элементов системы, изготовленных в процессе производства с технологической погрешностью, от своих номинальных значений.

В производственных расчетах методическую погрешность можно не учитывать из-за её незначительного влияния на производство, поскольку на этапе проектирования схемы, конструкции или технологии изделие не изготавливается. Обозначим через $N_{Q_{вх}} = \partial F / \partial Q_{вх}$ и $N_{q_i} = \partial F / \partial q_i$ и подставив эти выражения в уравнение (5), получим:

$$\Delta Q_{\Sigma} = N_{Q_{вх}} \Delta Q_{вх} + \Sigma N_{q_i} \Delta q_i, i = 1, n. \quad (6)$$

Здесь в уравнении (6) коэффициенты пропорциональности $N_{Q_{вх}}$, N_{q_i} - коэффициенты влияния погрешностей входного сигнала и параметров комплектующих РЭС на выходной сигнал соответственно.

При расчете на точность функционирования системы требуется суммировать погрешности физических параметров имеющих различную физическую природу, различную размерность (Амперы, Вольты, Омы и т.п.). В этом случае необходимо выполнять расчеты погрешностей в относительных (безразмерных) величинах, например в процентах. После преобразования получим:

$$\Delta Q_{\Sigma 0} = N_{Q_{вх 0}} \Delta Q_{вх 0} + \Sigma N_{q_{i 0}} \Delta q_{i 0}, i = 1, n. \quad (7)$$

Здесь $\Delta Q_{\Sigma 0}$ - относительная погрешность выходной характеристики; $N_{Q_{вх 0}}$ - относительный коэффициент пропорциональности (влияния) погрешности входного сигнала; $\Delta Q_{вх 0}$ - относительная погрешность входного сигнала; $\Sigma N_{q_{i 0}}$ - относительный коэффициент влияния параметров комплектующих системы; $\Delta q_{i 0}$ - относительная погрешность параметров комплектующих.

Уравнения (6) и (7) позволяют определить общую погрешность функционирования РЭС в абсолютных или относительных величинах, если известны погрешности входного сигнала и погрешности параметров схемных элементов РЭС. Если известны допуски входного сигнала $\delta Q_{вх 0}$ и допуски параметров схемных элементов $\delta Q_{вх 0}$ РЭС, то уравнение (7) будет иметь вид:

$$\delta Q_{\Sigma 0} = N_{Q_{вх 0}} \delta Q_{вх 0} + \Sigma N_{q_{i 0}} \delta q_{i 0}, i = 1, n. \quad (8)$$

Уравнение (8) применяется при расчете точности для простых систем, состоящих не более 5 элементов. Для сложных РЭС основное уравнение расчета точности можно получить по правилам суммирования допусков теоретико-вероятностным методом. Формула расчета имеет вид:

$$\delta Q_{\Sigma 0} = N_{Q_{вх 0}} \delta Q_{вх 0} + (1 / K_{\Sigma}) \times [\Sigma N_{q_{i 0}}^2 K_{q_i}^2 \delta^2 q_{i 0}]^{1/2}, i = 1, n \quad (9)$$

Координаты середины полей допусков на выходные характеристики рассчитываются по формуле:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \Sigma (\Delta q_{i 0} + 0.5 a_{q_{i 0}} \delta q_{i 0}) - 0.5 a_{\Sigma} \delta Q_{\Sigma 0}, i = 1, n. \quad (10)$$

Здесь a_{Σ} , $a_{q_{i 0}}$ - коэффициенты асимметрии выходной характеристики и параметров РЭС соответственно.

Формулы (9), (10) используются для расчета в случае произвольного закона распределения выходных характеристик и параметров элементов системы. Если распределение параметров подчиняется закону Гаусса $K_{\Sigma} = 1$, $K_{qi} = 1$, $a_{\Sigma} = 0$, $a_{qi} = 0$, тогда формулы (9), (10) запишутся в следующем виде: $\delta Q_{\Sigma 0} = N_{Q_{vx0}} \delta Q_{vx0} + [\Sigma N_{qi0}^2 \delta^2 q_{i0}]^{1/2}$ $i = 1, n$ (11)

$$\Delta_{\Sigma 0} = \Sigma \Delta_{qi0} . \tag{12}$$

Коэффициенты влияния определяются как частные производные выходной функции по параметрам схемных элементов, нахождение которых освещено в [2].

Проведем анализ функционирования блока измерения САЭС. Для этого построим математическую модель выходного напряжения функционирования блока. Принципиальная схема блока измерения приведена на рис. 1. Напряжение трехфазной сети 3×230 В, 400 Гц подается на трансформаторы TV4, TV5, TV6, первичные обмотки которых соединены по схеме треугольник.

$$U_{A1, B1} = 230 \sqrt{2} \sin (2 \pi \cdot 400 t) = U_{TV4, I} ; U_{B1, C1} = 230 \sqrt{2} \sin (2 \pi \cdot 400 t - 120^{\circ}) = U_{TV5, I} ;$$

$$U_{A1, C1} = 230 \sqrt{2} \sin (2 \pi \cdot 400 t + 120^{\circ}) = U_{TV6, I} .$$

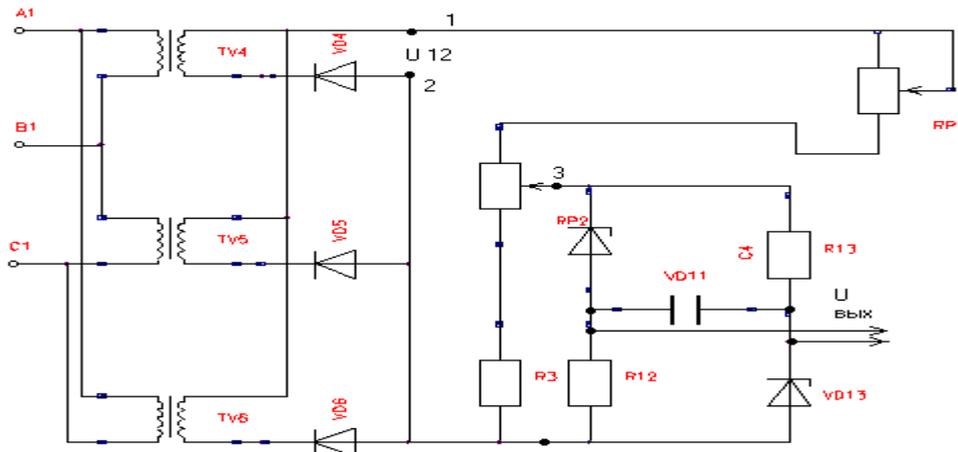


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема блока измерения

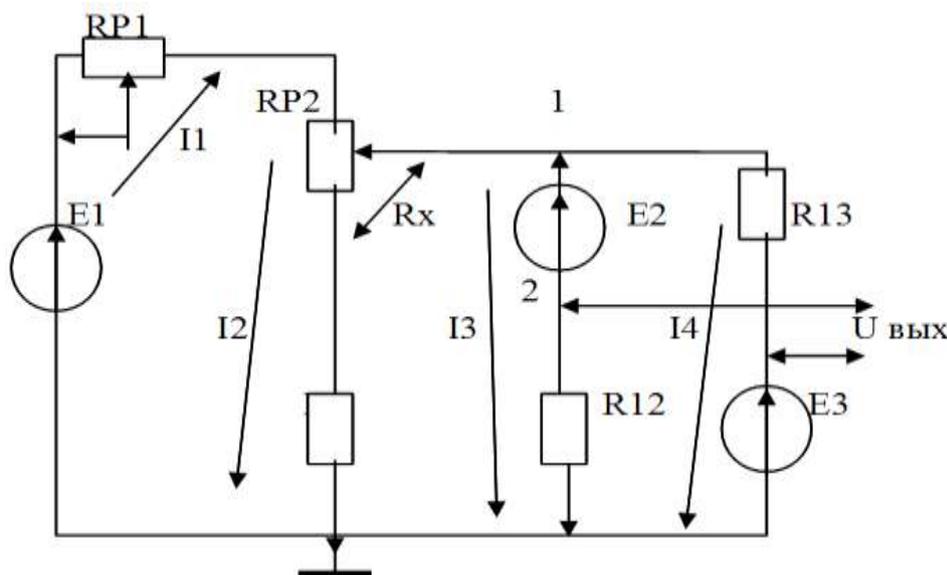


Рис. 2. Эквивалентная схема замещения по постоянному току

Напряжения со вторичных обмоток трансформаторов TV4 – TV6 после однополупериодного выпрямления с помощью диодов VD4, VD5, VD6 имеет максимальное и минимальное значение.

$$U_{max} = (230 \sqrt{2}) / n - U_{пр. диод} , U_{min} = U_{max} / 2 .$$

Напряжение U_{12} через делитель напряжения поступает на схему измерительного моста на стабилитронах VD12, VD13 и резисторах R12, R13. В диагональ моста включена емкость C4,

которая обеспечивает усреднение измеряемого напряжения. Фактически на измерительном мосту происходит сравнение среднего значения напряжения $U_{12cp} = (U_{max} - U_{min}) / 2$, умноженного на коэффициент деления делителя $RP1, RP2, R3$ с опорным напряжением M стабилитронов $VD11, VD13$ и выработке напряжения рассогласования.

Для получения выходного уравнения составим эквивалентную схему замещения блока измерения по постоянному току (рис. 2). Здесь $E2$ – напряжение стабилизации $VD11$ (18 – 20 В); $E3$ – напряжение стабилизации $VD13$ (18 – 20 В).

Определим по правилам Киргофа:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{вых}} = I3 R12 - E3 \\ I1 = I2 + I3 + I4 \\ I1 (RP1 + (RP2 - R_x)) + I2 (R_x + R3) = E1 \\ - I2 (R3 + R_x) + I3 R12 = - E2 \\ - I3 R12 + I4 R13 = E2 - E3 \end{array} \right.$$

или

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{вых}} - I3 R12 = - E3 \\ I1 - I2 - I3 - I4 = 0 \\ I1 (RP1 + (RP2 - R_x)) + I2 (R_x + R3) = E1 \\ - I2 (R3 + R_x) + I3 R12 = - E2 \\ - I3 R12 + I4 R13 = E2 - E3. \end{array} \right.$$

Решаем систему уравнений матричным способом:

$$A = \left\| \begin{array}{ccccc|c} 1 & 0 & 0 & -R12 & 0 & \\ 0 & 1 & -1 & -1 & -1 & \\ 0 & RP1 + RP2 - R_x & R3 + R_x & 0 & 0 & \\ 0 & 0 & -(R3 + R_x) & R12 & 0 & \\ 0 & 0 & 0 & -R12 & R13 & \end{array} \right\|$$

A – матрица коэффициентов.

$$X = \left\| \begin{array}{c} U_{\text{вых}} \\ I1 \\ I2 \\ I3 \\ I4 \end{array} \right\| \text{ - вектор – столбец неизвестных.}$$

$$B = \left\| \begin{array}{c} - E3 \\ 0 \\ E1 \\ - E2 \\ E2 - E3 \end{array} \right\| \text{ - столбец свободных членов.}$$

Получим уравнение в матричном виде:

$$A \times X = B, \quad X = A^{-1} \cdot B.$$

Решая уравнение средствами MathCad, найдем выражение для выходного напряжения $U_{\text{вых}}$

$$\begin{aligned} U_{\text{вых}} = & (E2 R_x R12 R3 - E2 R3 R13 R12 + E2 R12 R_x - E2 RP1 R12 R^2 x - \\ & - E2 RP1 R12 R3 - E2 RP1 R13 R12 - E2 RP2 R12 R_x - E2 RP2 R3 - \\ & - E2 RP2 R13 R12 + R3 E1 R13 R12 + R_x E1 R13 R12 + E3 R13 R^2 x - \\ & - E3 RP1 R13 R_x - E3 RP1 R13 R3 - E3 RP1 R13 R12 - E3 RP2 R13 R_x - \\ & - E3 RP2 R13 R3 - E3 RP2 R13 R12 + E3 R_x R13 R3 - E3 R3 R13 R12) / \\ & (RP1 R13 R_x + RP1 R13 R3 + RP1 R12 R_x + RP1 R12 R3 + RP1 R13 R12 + \\ & + RP2 R13 R_x + RP2 R13 R3 + RP2 R12 R_x + RP2 R12 R3 + RP2 R13 R12 - \\ & - R13 R^2 x - R_x R13 R3 - R12 R^2 x - R_x R12 R3 + R3 R13 R12). \end{aligned} \quad (13)$$

Полученная формула (13) позволяет выполнить расчет точности функционирования блока

измерения напряжения и аналитически определить коэффициенты пропорциональности (влияния) $N_{q i}$ параметров схемных элементов и рассчитать величину допуска и отклонений выходного напряжения на стадии конструирования. Для этого вычислим частные производные параметров, входящих в уравнение (13).

$$\begin{aligned} \partial U / \partial E1 = & (R_x R_{13} R_{12} + R_3 R_{13} R_{12}) / (R_{P1} R_{13} R_x + R_{P1} R_{13} R_3 + \\ & + R_{P1} R_{12} R_x + R_{P1} R_{12} R_3 + R_{P1} R_{13} R_{12} + R_{P2} R_{13} R_x + R_{P2} R_{13} R_3 + \\ & + R_{P2} R_{12} R_x + R_{P2} R_{12} R_3 + R_{P2} R_{13} R_{12} - R_{13} R_x^2 - R_x R_{13} R_3 - R_{12} R_x^2 - \\ & - R_x R_{12} R_3 + R_3 R_{13} R_{12}). \end{aligned}$$

Аналогично находим остальные частные производные, заменим их функции малыми конечными приращениями в относительных величинах, подставим в полученные формулы конкретные значения параметров схемных элементов:

$$\begin{aligned} \square U_{E1} = 0.9 \square E1; \quad \square U_{E2} = -0.996 \square E2; \quad \square U_{E3} = -0.996 \square E3; \quad \square U_{R_x} = 0.185 \square R_x; \quad \square U_{R_{P1}} = - \\ 0.17 \square R_{P1}; \quad \square U_{R_{P2}} = -0.17 \square R_{P2}; \quad \square U_{R_3} = 0.015 \square R_3; \quad \square U_{R_{12}} = 0.00002 \square R_{12}; \quad \square U_{R_{13}} = 0.00002 \square \\ R_{13}. \end{aligned}$$

Подставим полученные значения частных погрешностей в формулу (11), определим общие погрешности выходного блока измерений теоретико-вероятностным методом.

$$\square U = \square (0.9^2 + 0.996^2 \square 2 + 0.185^2 + 0.17^2 \square 2 + 0.015^2 + 22 \square 10^{-6} \square 2) = 17 \%.$$

В результате проведенного анализа точности функционирования блока измерения, рассчитанная погрешность выходного напряжения блока составила 17%. Сопоставляя допустимые отклонения выходного напряжения по ТЗ равные 5% от номинального значения напряжения с расчетными, делаем вывод о том, что точность функционирования блока измерения **не** будет обеспечена. Следовательно, в электрическую схему блока измерения необходимо вводить компенсирующий элемент или элемент регулировки для повышения точности функционирования блока. Величина компенсации $A_{\square \Pi} = 12 \%$ (17% - 5%) определяется при расчете теоретико-вероятностным методом.

Далее, на точность функционирования системы будет оказывать влияние производственная погрешность. При хорошо настроенном оборудовании технологического процесса, при расчете указанных выше параметров теоретико-вероятностным методом при их распределении по закону Гаусса, влияние погрешностей технологической системы составляет 0.27%.

При эксплуатации блока измерения на точность выходного напряжения будут влиять погрешности, связанные с дрейфом нуля на выходе системы. Погрешности дрейфа нуля выходного напряжения в основном обусловлены [3]: температурным дрейфом и временным дрейфом, определяемые старением элементной базы.

Временной дрейф нуля оценивается за определенное время. Согласно справочным данным долговременная стабильность напряжения смещения для стабилизаторов КС520В равна $\square 1.5 \%$ за 10 лет эксплуатации. Такое же значение смещения напряжения примем для каждого из других элементов блока измерения. Рассчитаем величину нестабильности выходного напряжения блока измерения за срок его службы 10 лет. При количестве схемных элементов блока 17 дрейф выходного напряжения составит 25.5% от его номинального значения равного 2.5В.

Общая величина погрешности выходного напряжения блока измерения, вычисленная по формуле (1) составит: $A_{\square} = A_{\square \Pi} + A_{\square T} + A_{\square \Delta} = 17\% + 0.27\% + 25.5\% = 42.77\%$

Таким образом, расчетное значение величины регулирования выходного напряжения блока измерения находится в пределах: $U = 2.5 - 0.4277 \square 2.5 = 2.5 - 3.57 \text{ В}$.

Для компенсации погрешности и регулирования выходного напряжения в пределах от 2.5 до 3.57В выбирается регулятор – переменный резистор номиналом 20 Ом.

Графотеоретический метод

Рассмотрим и применим для анализа точности функционирования регулятора напряжения САЭС метод, основанный на графотеоретическом подходе. Для этого обратимся к схеме замещения по постоянному току (рис. 2). Из схемы видно, что выходным параметром регулятора является $U_{\text{вых}}$, который будет подвергнут анализу. Тогда выходной алфавит функционирования схемы определяется следующим образом: $Y = \{ U_{\text{вых}} \}$.

Определим входной алфавит функционирования схемы. От согласующих трансформаторов на регулятор подается напряжение $E1$, которое сравнивается с опорным напряжением стабилизаторов $E2$ и $E3$. Следовательно, входной алфавит X функционирования регулятора напряжения имеет вид: $X = \{ E1, E2, E3 \}$. Построим графовую модель функционирования регулятора напряжения, где $N = \{ n1,$

n_2, \dots, n_8 } алфавит операций.

Установив входной и выходной алфавиты, а также алфавит операций функционирования схемы, можно описать отображения операций N в N , преобразующих входной алфавит параметров напряжений в выходной алфавит параметра регулируемого напряжения.

Для функционирования схемы регулятора напряжения эти отображения запишутся в виде следующих соотношений:

$$\begin{aligned} F_{n1} &= \{ n_2 (E_1 / i_1) \}; F_{n2} = \{ n_3(R_x / i_2), n_4(R_x / i_3), n_5(R_x / i_4) \}; \\ F_{n3} &= \{ n_1(R_3 / i_1^*) \}; F_{n4} = \{ n_6(i_3 / R_{12}), n_8(i_3 / U_1) \}; \\ F_{n5} &= \{ n_7(i_4 / R_{13}), n_8(i_4 / U_2) \}; F_6 = \{ n_8(E_2 / U_1) \}; F_7 = \{ n_8(E_3 / U_2) \}. \end{aligned}$$

Используя полученные отображения, построим мультиграф функционирования регулятора напряжения (рис. 3). По мультиграфу запишем матрицу функционирования схемы регулятора напряжения, которая представлена ниже.

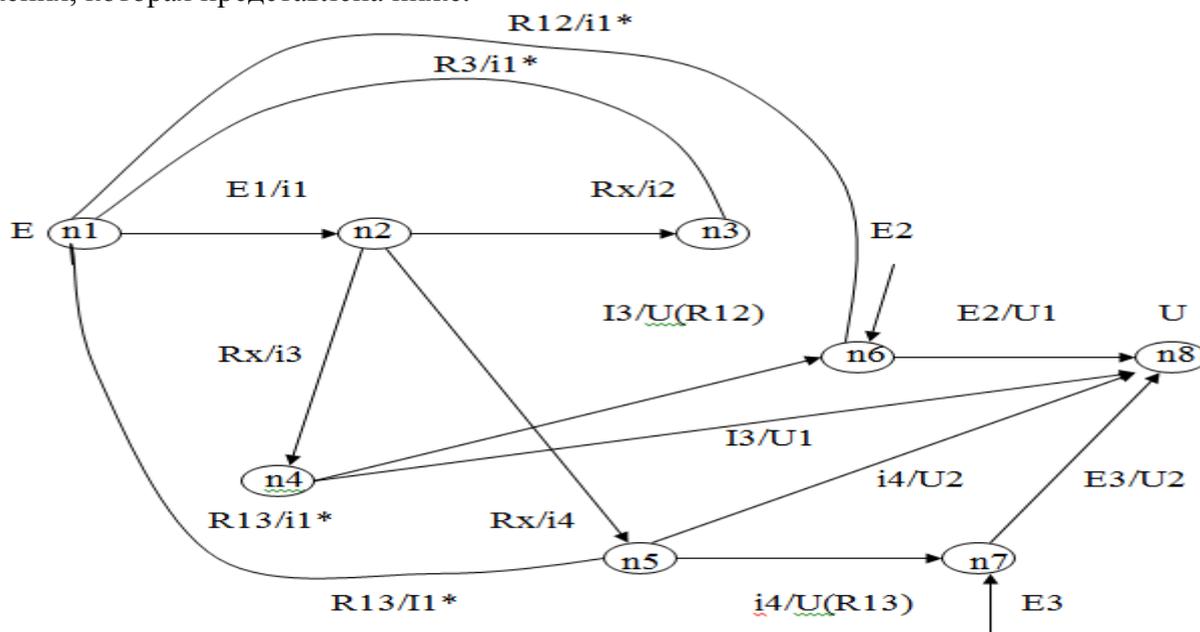


Рис.3. Мультиграф схемы регулятора напряжения

Матрицу R функционирования регулятора напряжения представим в виде отдельных матриц, каждая из которых будет определять матрицу элементарных звеньев регулятора напряжения. Декомпозицию исходной матрицы R проведем по правилам, рассмотренным в [4].

По графу составляем матрицу R :

0	E_1/i_1	0	0	0	0	0	0
0	0	i_1/i_2	i_1/i_3	i_1/i_4	0	0	0
R_3/i_1^*	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	$i_3/U(R_{12})$	0	i_3/U_1
R_{13}/i_1^*	0	0	0	0	0	i_4/R_{13}	i_4/U_2
R_{12}/i_1^*	0	0	0	0	0	0	E_2/U_1
0	0	0	0	0	0	0	E_3/U_2
0	0	0	0	0	0	0	0

После декомпозиции матрицы R получим четыре элементарные матрицы звеньев регулятора напряжения:

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R_3/i_1^*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

U

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R_{13}/i_1^*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

U

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

$$\begin{array}{c}
 \left| \begin{array}{cccccccc}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 R_{12}/i_1 * 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \right| U \left| \begin{array}{cccccccc}
 0 & E_1/i_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & i_1/i_3 & i_1/i_4 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & i_3/U(R_{12}) & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & i_4/U(R_{13}) & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E_2/U_1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E_3/U_2 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array} \right|
 \end{array}$$

По элементарным матрицам строим графы элементарных процессов, одновременно преобразуя их в сигнальные графы (рис. 4.).

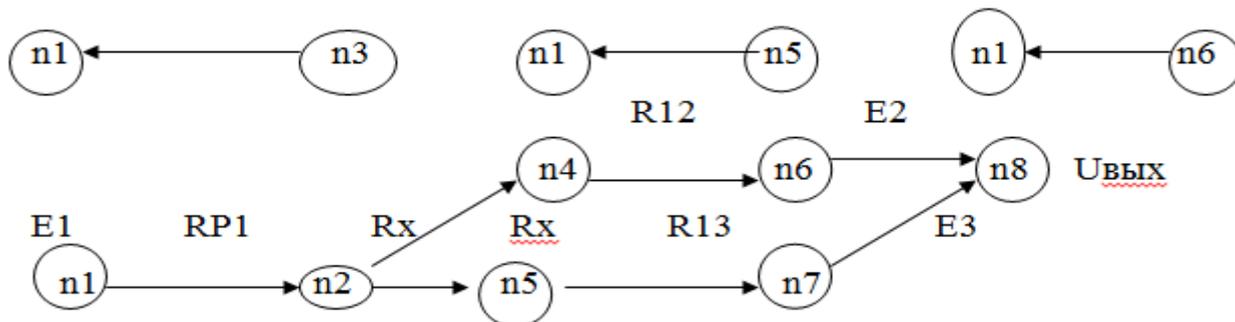


Рис. 4. Элементарные графы звеньев регулятора

Строим сигнальный граф из двух вершин:



Для элементарных звеньев регулятора запишем следующие регулярные события:

$$U_{\text{вых}} = E_2 R_{12} R_x R_{P1} E_1; U_{\text{вых}} = E_3 R_{13} R_x R_{P1} E_1; i_1^* = R_3 i_1; i_1^* = R_{13} i_1; i_1^* = R_{12} i_1.$$

Полученные выражения можно использовать для анализа качества функционирования регулятора напряжения, в частности для анализа точности выходного напряжения $U_{\text{вых}}$. Для этого подставим в выражение регулярного события значения отклонений параметров элементов регулятора. Пусть это будет 5%. Тогда отклонение выходного параметра качества $\Delta U_{\text{вых}} = (\Delta E_2 \Delta R_{12} \Delta R_x \Delta R_{P1}) \Delta E_1$ составит $\Delta U_{\text{вых}} = 23\%$.

Полученное значение отклонения выходного напряжения регулятора превышает рассчитанное по аналитическому методу на 6%, что говорит о повышенной точности предлагаемого графотеоретического метода.

Выводы

Предлагаемый подход послужил основой для создания математического и программного обеспечения системы автоматизированного анализа точности функционирования радиоэлектронных средств, для которых проблематично построить аналитическую модель функционирования [5, 6].

Библиографический список:

1. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭС: Учебник для вузов. -М.: Радио и связь, 1991. 360 с.
2. Обзоры по электронной технике: методы теории чувствительности технологии производства электронных приборов./ Ю.Д. Лазутин. М.: 1979. – Вып.12 (674). Сер. Технология, организация производства и оборудование. 128 с.
3. Сускин В.В. Один из подходов к анализу конструкций радиоэлектронных средств // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. №2, 2007. с.28-34.
4. Сускин В.В. Проектирование виртуальных конструкций сборочных единиц электронного средства (X-CAD-ADS). Авторское свидетельство № 3683.

5. Сускин В.В., Калинина А.О., Лазутин Ю.Д. Системные принципы исследования и расчета физической взаимозаменяемости элементов гелий-неонового лазера для повышения стабильности лазерного излучения // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: ФГУП НПП ВНИИЭМ, 2011.-т. 122, №3. с.37-40.

6. Сускин В.В., Лазутин Ю.Д., Шевченко В.Ф. Теоретические основы исследования жизненного цикла качества электронных средств на базе социальных сетей и CALS-технологий // Вестник РГРТУ. №1 (выпуск 39). Часть 2. Рязань, 2012. с.135-138.

Хапусов Владимир Георгиевич
Hapusov Vladimir Georgievich

д., т., н., профессор кафедры автоматизации производственных процессов,
Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет,
тел.: 79148883081, E-mail: hapusov@yandex.ru

Ермаков Андрей Андреевич
Ermakov Andrey Andreevich

аспирант кафедры автоматизации производственных процессов,
Иркутский Национальный Исследовательский Технический Университет,
тел.: 79041588269, E-mail: ermakov.istu@gmail.com

Подкорытов Алексей Александрович
Podkorytov Aleksey Aleksandrovich

аспирант кафедры автоматизации производственных процессов,
Иркутский Национальный Исследовательский Технический
Университет, тел.: 79041317818, E-mail: podkorytovv.leha@gmail.ru

УДК 004.94

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ПРИ ВЫРАБОТКЕ ПАРА**

**RESEARCH OF THE CORRELATIONS OF FUEL CONSUMPTION TO QUALITY INDICATORS
IN STEAM GENERATION**

Аннотация. В статье рассматривается применение известной методики Бокса Д.Ж. и Дженкинса Г. для идентификации процесса производства пара.

В качестве объекта исследования выбран котельный агрегат, который представляет собой весьма сложную и взаимосвязанную систему. Она была описана как динамический стохастический объект с неконтролируемыми возмущающими воздействиями. Экспериментально - статистическими методами получена математическая модель, позволяющая определить степень влияния расхода топлива на качественные показатели при выработке пара. Частота вращения питателей сырого угля (расход топлива) относится к управляющим воздействиям в процессе производства пара.

Разработанная модель может быть использована для прогноза и управления процессом выработки пара.

Annotation. The article discusses the application of the well-known techniques of D.S. and Jenkins G. to identify steam production process.

The boiler unit, which is a very complex and interconnected system, was chosen as the object of study. It was described as a dynamic stochastic object with uncontrolled disturbing influences. Experimentally - by statistical methods, a mathematical model was obtained, which allows determining the degree of influence of fuel consumption on quality indicators during steam generation. The frequency of rotation of raw coal feeders (fuel consumption) refers to the controls in the steam production process.

The developed model can be used to predict and control the process of steam generation.

Ключевые слова: топочное устройство, качественные показатели, стохастическая модель, идентификация, статистический анализ, оценивание, диагностическая проверка.

Keywords: combustion device, quality indicators, stochastic model, identification, statistical analysis, evaluation, diagnostic verification.

Введение. В настоящее время задача управления процессом выработки пара решается технологами на основании их личного опыта и интуиции, когда текущее состояние процесса характеризуется либо как нормальное, либо требующее вмешательства оператора.

В условиях широкого применения автоматизированных систем автоматизации в производстве пара, с использованием управляющих вычислительных машин, эта задача должна решаться методами статистического анализа параметров технологического процесса на основе построения моделей и прогнозирования.

Цель предлагаемой работы состоит в построении моделей для управления качественными показателями котельного агрегата в процессе выработки пара.

Котельный агрегат, как объект управления представляет собой весьма сложную и взаимосвязанную систему. Его можно характеризовать как динамический стохастический объект с не измеряемыми возмущающими воздействиями. Качественными параметрами, характеризующими тепловыделение сгораемой пыли воздушной смеси, может служить давление пара в барабане, расход перегретого пара, температура насыщенного пара.[1]. В качестве объекта исследования был выбран котельный агрегат БКЗ–420–140–6 [2], оборудованный четырьмя пылеприготовительными установками.

Для стабилизации режима работы котельного агрегата требуется изучить степень влияния частоты вращения питателей сырого угля (ПСУ-Б,В,Г) на качественные показатели процесса. Построить математическую модель процесса на основании известных физико–химических закономерностей в настоящее время не представляется возможным. Данные, собранные в течение длительного времени наблюдений за нормальным ходом топочного процесса были подвергнуты статистическому анализу. Исследуемый временной ряд содержит 1800 пар последовательных наблюдений с 10–секундным шагом.

В период пассивного эксперимента контролировались следующие технологические факторы: $F_{\text{пара}}$ - производительность котельного агрегата по пару; P_1 - давление пара в барабане (точка 1); P_2 - давление пара в барабане (точка 2); T – температура насыщенного пара на выходе из барабана; $f_{\text{БВГ}}$ – сумма частот вращения питателей сырого угля ПСУ–Б,В,Г.

Для исследования влияния частоты вращения питателей сырого угля (ПСУ–Б,В,Г) на качественные показатели котельного агрегата были использованы методы корреляционного и регрессионного анализа [3].

В качестве примера (рис.1) приведены временные ряды частоты вращения питателя сырого угля ПСУ-Б и расхода острого пара за котлом $F_{\text{пара}}$ в стандартизированном виде.

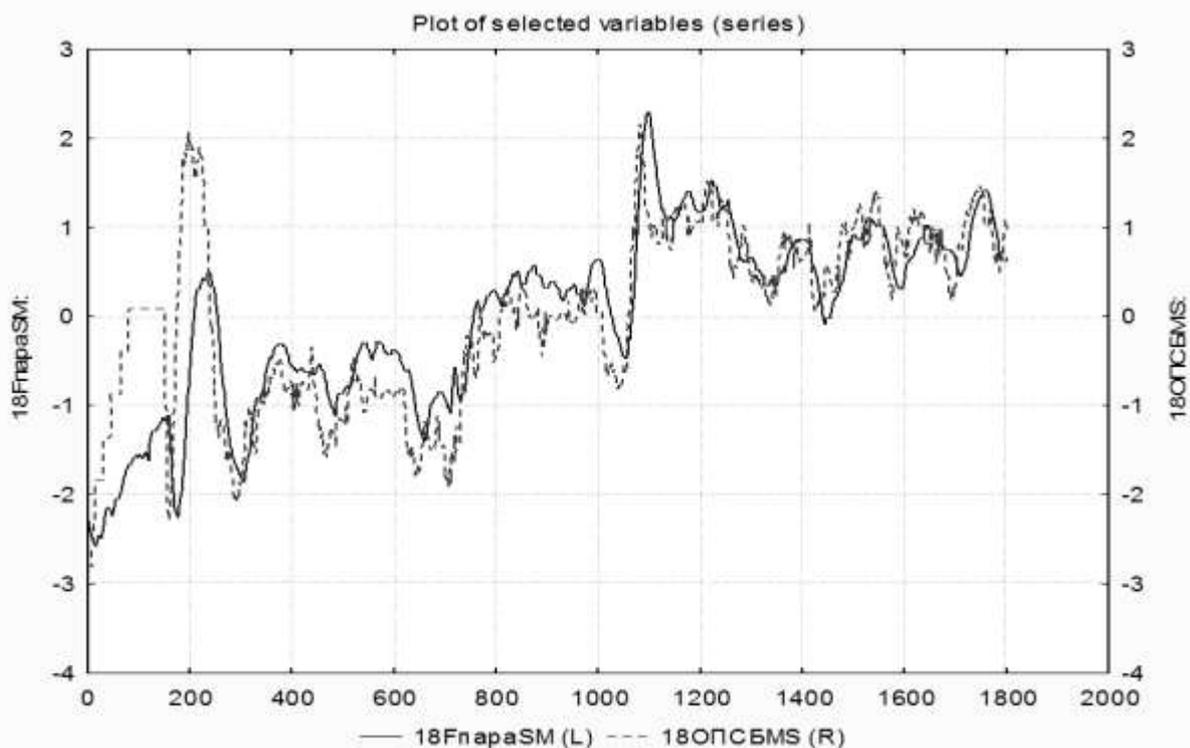


Рис.1 Временные ряды расхода острого пара за котлом $F_{\text{пара}}$ и частота вращения питателя сырого угля ПСУ-Б;

В [4] приведены авторегрессионные модели временных рядов выше перечисленных факторов.

С целью приведения указанных выше временных рядов к стационарному виду, согласно методике [5] для каждого ряда были получены разностные временные ряды с помощью оператора взятия разностей ∇^d :

$$x_t = \nabla^d \cdot X_t^*, y_t = \nabla^d \cdot Y_t^*, d > 0$$

Где d - порядок разности; x_t, y_t - нормированные значения временных рядов, X_t^*, Y_t^* - наблюдаемые данные:

$$X_t^* = (X_t - \bar{X}_t) / \sigma_x, Y_t^* = (Y_t - \bar{Y}_t) / \sigma_y$$

\bar{X}_t, \bar{Y}_t - средние значения ряда, σ_x, σ_y - среднеквадратическое отклонение.

Оказалось, что уже при $d = 1$, исследуемые разностные временные ряды имеют быстро затухающую автокорреляционную функцию.

Приведение рядов к стационарному виду позволяет использовать метод взаимных корреляционных функций для определения в структуре модели таких времен запаздываний [3] для которых коэффициент связи между расходом пара и каждой из частот вращения питателя сырого угля имеет максимальное значение.

Для ориентировочной оценки максимального сдвига взаимно корреляционных функций учитывались экспериментальные данные, приведенные в [4]. В качестве примера на рис. 1 приведены графики взаимно-корреляционных функций влияния частоты вращения питателей сырого угля ПСУ-Б, В на расход пара, полученные в результате обработки статистического материала.

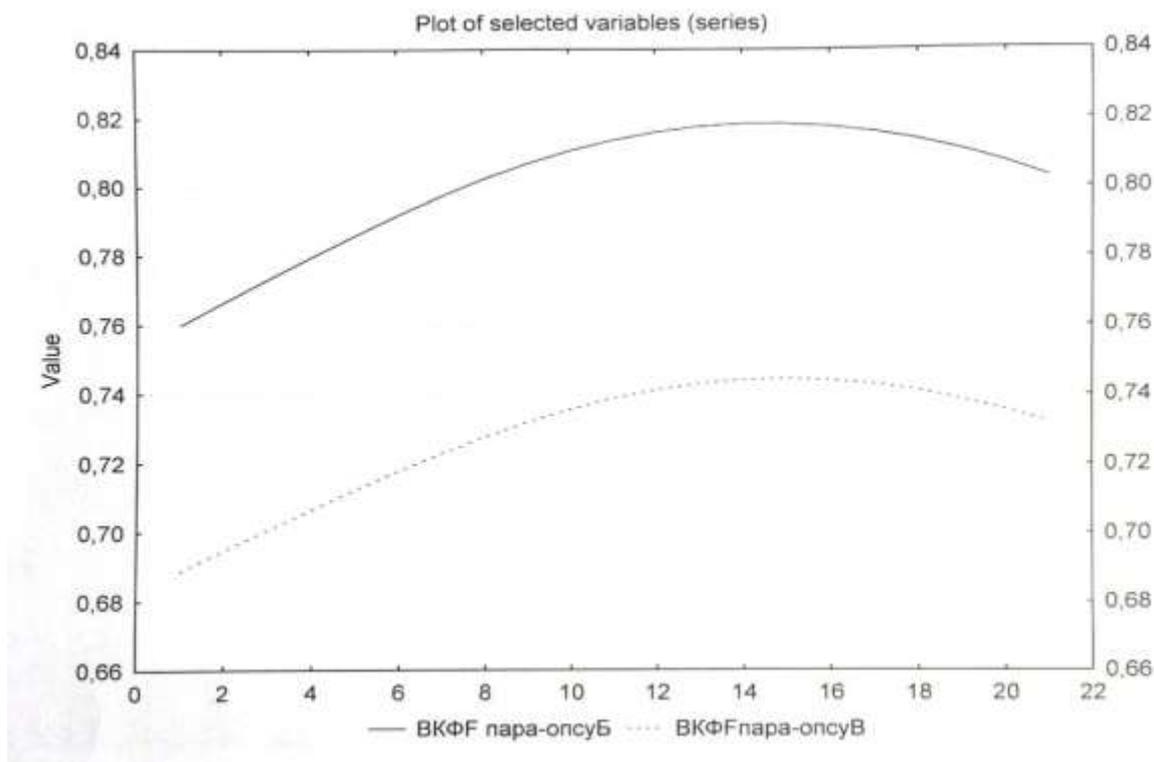


Рис.2 Взаимно-корреляционные функции $R_{xy}(k)$ по наблюдаемым данным.

Визуальный анализ этих графиков не позволяет сделать однозначного вывода о тех временах сдвига, при которых частота вращения питателей сырого угля существенно влияет на расход пара, так как механизм взаимодействия завуалирован коррелированностью значений входного ряда, но помогает определить диапазон возможных значений времени запаздывания.

Для устранения эффекта корреляции в [5] предлагается к входному и выходному рядам применить дополнительную процедуру выравнивания на основе построения для этих рядов моделей авторегрессии и скользящего среднего (АРПСС)

$$\alpha_t = x_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i \cdot x_{t-i} + \sum_{j=1}^q \Theta_j \cdot \alpha_{t-j} \cdot$$

$$\beta_t = y_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i \cdot y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \Theta_j \cdot \beta_{t-j} \cdot$$

где α_i, β_i - выровненные ряды, соответственно для входных и выходных разностных рядов; Φ_i - значения параметров для авторегрессионной модели; Θ_j - значения параметров для модели скользящего среднего; p - порядок модели авторегрессии, q - порядок модели скользящего среднего.

Для получения оценок p, q, Φ_i, Θ_j был применен нелинейный алгоритм наименьших квадратов [3].

В таблице I приведены выборочные взаимные корреляционные функции $r_{\alpha\beta}(k)$ после предварительного выравнивания спектра; там же даны приближенные стандартные ошибки выборочной взаимной корреляции $\sigma(r)$

Таблица I

Выборочная взаимная корреляционная функция после выравнивания спектра.

Вход	Выход	Сдвиг k	Коэффициент взаимной корреляции $r_{\alpha\beta}(K)$					Ошибка $\sigma(r)$	
P ₁	f _{БВГ}	0-5	-0.053	0.03	0.019	0.024	0.06	0.079	0.024
		6-11	0.06	0.087	0.041	0.108	0.052	0.126	
		12-17	0.108	0.007	0.116	0.065	0.068	0.001	
		18-23	0.095	0.008	0.007	0.006	0.092	0.006	
P ₂		0-5	-0.071	-0.067	-0.04	0.02	0.04	0.048	
		6-11	0.09	0.1	0.07	0.14	0.08	0.11	
		12-17	0.12	0.09	0.09	0.01	0.08	0.04	
		18-23	0.08	0.03	0.02	0.01	0.06	0.006	
F		0-5	0.114	0.674	0.02	0.01	0.071	0.09	
		6-11	0.091	0.137	0.053	0.111	0.073	0.09	
		12-17	0.085	0.063	0.066	0.079	0.021	0.022	
T		0-5	-0.02	-0.035	-0.017	-0.019	-0.041	-0.06	
	6-11	0.045	0.073	0.022	0.081	0.075	0.068		
	12-17	0.075	0.047	0.032	0.052	-0.05	-0.037		
	18-23	-0.06	-0.05	-0.08	-0.037	-0.09	-0.05		
	24-29	0.06	-0.034	н/з	н/з	н/з	н/з		
	39-44	0.069	0.026	0.075	0.055	0.067	0.103		
	45-50	0.043	0.032	0.066	0.051	0.062	0.064		

Сравнение коэффициентов взаимно - корреляции с их стандартными ошибками $\sigma(r)$ показывает, что давление пара в барабане тесно связана со значением суммы частот вращения питателей: в точке 1 в диапазоне 0 - 220секунд, в точке 2 в диапазоне 0 - 210секунд. Паропроизводительность тесно связана со значениями суммы частот вращения питателей в диапазоне 0 - 170секунд, температура насыщенного пара на выходе из барабана в диапазоне 50 - 510секунд.

При построении моделей, характеризующих зависимость влияния частоты вращения питателей сырого угля на качественные показатели процесса выработки пара, высказывается предположение, что структура моделей относится к классу линейных и, следовательно, может быть использован принцип суперпозиции [6].

Привязка модели к наблюдаемым значениям временных рядов осуществляется в несколько этапов сначала делается пробная идентификация на основе анализа приближенной функции отклика на единичный импульс, затем применяется процедура нелинейного оценивания пробной модели и диагностическая проверка с использованием критерия согласия χ^2 ,

Динамические стохастические модели влияния частоты вращения питателей сырого угля на качественные показатели котельного агрегата были получены с использованием методики Бокса -

Дженкинса, в классе моделей $y_t = \delta^{-1}(B)\omega(B) \cdot x_{t-b} + n_t$, где B - оператор сдвига назад на один шаг, b - параметр запаздывания,

$$\begin{aligned} & \text{---} \\ & \text{---} \end{aligned}$$

С целью получения более точной модели в уравнениях была учтена шумовая составляющая n_t , которая описывалась в классе моделей АРПСС $n_t = y_t - y_t^*$, где y_t - наблюдаемый временной ряд, y_t^* - значения ряда, получаемые по модели, $n_t = \delta(B)\omega(B)a_t$, где a_t - остаточная ошибка,

Зависимость давления пара в барабане (точка 1):

-от частоты вращения питателя сырого угля ПСУ-Б,В,Г

$$\begin{aligned} & (1 + \underset{\pm 0.02}{0.077} B - \underset{\pm 0.02}{0.092} B^2 - \underset{\pm 0.02}{0.11} B^3 - \underset{\pm 0.02}{0.14} B^4 - \underset{\pm 0.02}{0.17} B^5 - \underset{\pm 0.02}{0.13} B^6) \nabla P_1(t) = \underset{\pm 0.015}{-0.035} \nabla f(t-0) + \\ & (\underset{\pm 0.015}{0.042} + \underset{\pm 0.015}{0.057} B + \underset{\pm 0.015}{0.036} B^2 + \underset{\pm 0.015}{0.048} B^3) \nabla f(t-4) + \underset{\pm 0.015}{0.054} \nabla f(t-9) + \\ & (\underset{\pm 0.015}{0.064} + \underset{\pm 0.015}{0.054} B) \nabla f(t-11) + \underset{\pm 0.015}{0.052} \nabla f(t-14) + \underset{\pm 0.015}{0.043} \nabla f(t-18) + \underset{\pm 0.015}{0.041} \nabla f(t-22) + n_t \\ & \text{значение шума описывается моделью} \\ & (1 + \underset{\pm 0.024}{0.06} B + \underset{\pm 0.024}{0.08} B^2 + \underset{\pm 0.025}{0.05} B^3 + \underset{\pm 0.025}{0.036} B^4) n_t = a_t \end{aligned}$$

Зависимость давления пара в барабане (точка 2):

-от частоты вращения питателя сырого угля ПСУ- Б,В,Г

$$\begin{aligned} & (1 + \underset{\pm 0.023}{0.079} B - \underset{\pm 0.024}{0.081} B^2 - \underset{\pm 0.023}{0.118} B^3 - \underset{\pm 0.023}{0.141} B^4 - \underset{\pm 0.023}{0.153} B^5 - \underset{\pm 0.23}{0.107} B^6 - \underset{\pm 0.023}{0.075} B^7 - \underset{\pm 0.023}{0.076} B^8) \nabla P_2(t) = \underset{\pm 0.015}{-(0.038 +} \\ & \underset{\pm 0.015}{0.043} B) \nabla f(t-0) + (\underset{\pm 0.015}{0.044} + \underset{\pm 0.015}{0.056} B + \underset{\pm 0.015}{0.038} B^2) \nabla f(t-5) + \\ & + \underset{\pm 0.015}{0.064} \nabla f(t-9) + \underset{\pm 0.015}{0.056} \nabla f(t-12) + \underset{\pm 0.015}{0.045} \nabla f(t-14) + \underset{\pm 0.015}{0.031} \nabla f(t-16) + (\underset{\pm 0.015}{0.038} + \underset{\pm 0.015}{0.067} B) \nabla f(t-18) + (\underset{\pm 0.015}{0.031} + \\ & \underset{\pm 0.015}{0.046} B) \nabla f(t-21) + n_t \\ & \text{значение шума описывается моделью} \\ & (1 + \underset{\pm 0.022}{0.069} B + \underset{\pm 0.024}{0.082} B^2 + \underset{\pm 0.023}{0.053} B^3 + \underset{\pm 0.023}{0.068} B^4) n_t = a_t \end{aligned}$$

Зависимость производительности котельного агрегата по пару:

-от частоты вращения питателя сырого угля ПСУ-Б,В,Г

$$\begin{aligned} & (1 - \underset{\pm 0.023}{0.039} B - \underset{\pm 0.024}{0.020} B^2 - \underset{\pm 0.023}{0.14} B^3 - \underset{\pm 0.023}{0.08} B^4) \nabla F(t) = \underset{\pm 0.0075}{-(0.034 + 0.022} B) \nabla f(t-0) + (\underset{\pm 0.0075}{0.017} + \underset{\pm 0.0075}{0.022} B + \underset{\pm 0.0075}{0.022} B^2 + \\ & \underset{\pm 0.0075}{0.035} B^3) \nabla f(t-4) + \underset{\pm 0.0075}{0.023} \nabla f(t-9) + \underset{\pm 0.0075}{0.017} \nabla f(t-11) + \underset{\pm 0.0075}{0.023} \nabla f(t-15) + n_t \\ & \text{значение шума описывается моделью} \end{aligned}$$

$$(1 - \underset{\pm 0.13}{0.815} B) n_t = (1 - \underset{\pm 0.12}{0.934} B) n_t = a_t$$

Зависимость температуры насыщенного пара на выходе из барабана

- от частоты вращения питателя сырого угля ПСУ-Б,В,Г

$$\begin{aligned} & (1 + \underset{\pm 0.023}{0.135} B - \underset{\pm 0.023}{0.118} B^2 + \underset{\pm 0.024}{0.236} B^3 + \underset{\pm 0.023}{0.25} B^4 + \underset{\pm 0.022}{0.23} B^5 + \underset{\pm 0.023}{0.107} B^6) \nabla T(t) = \underset{\pm 0.015}{-0.038} \nabla f(t-5) - \underset{\pm 0.015}{0.034} \nabla f(t-16) - \underset{\pm 0.015}{0.035} \\ & \nabla f(t-18) - \underset{\pm 0.015}{0.044} \nabla f(t-20) - \underset{\pm 0.015}{0.043} \nabla f(t-22) - \underset{\pm 0.015}{0.06} \nabla f(t-24) - \underset{\pm 0.015}{0.0348} \nabla f(t-26) - \underset{\pm 0.015}{0.032} \nabla f(t-28) + \underset{\pm 0.015}{0.042} \nabla f(t- \\ & 39) + (\underset{\pm 0.015}{0.043} + \underset{\pm 0.015}{0.030} B + \underset{\pm 0.015}{0.034} B^2 + \underset{\pm 0.015}{0.051} B^3) \nabla f(t-41) + (\underset{\pm 0.154}{0.043} + \underset{\pm 0.015}{0.32} B^2 + \underset{\pm 0.015}{0.36} B^3 + \underset{\pm 0.015}{0.34} B^4 + \underset{\pm 0.015}{0.34} B^5) \nabla f(t- \end{aligned}$$

47)+n_t

значение шума описывается моделью

$$n_t = a_t$$

где ∇ - первые разности, а значения под коэффициентами их стандартные ошибки.

Полученные модели анализируются на адекватность реальному процессу с помощью диагностической проверки, осуществляемой в два этапа: сначала вычисляется χ^2 - статистика для значений автокорреляционной функции остаточных ошибок $r_{\alpha\alpha}(k)$ как: $Q = (N - s - b - r) \sum_{k=1}^k r_{\alpha\alpha}^2(k)$

Где N - число наблюдений, k - максимальная задержка автокорреляций и взаимных корреляций, s - число правосторонних" параметров динамической стохастической модели, r - число "левосторонних" параметров,

Далее вычисляется χ^2 статистика с использованием взаимных корреляционных функций $r_{\alpha\beta}(k)$ между выровненным входным рядом α_t и рядом остаточных ошибок a_t как:

$$H = (N - s - b - r) \sum_{k=1}^k r_{\alpha\alpha}^2(k)$$

В первом случае Q сравнивается с χ^2 распределением при значении K-p-q степеней свободы, а во втором, H сравнивается с χ^2 - распределением при значении K-r-s степеней свободы.

В таблице II приведены значения коэффициентов χ^2 - статистики диагностической проверки по автокорреляционной и взаимной корреляционной функциям для все частот вращения питателей сырого угля.

Таблица II Значения коэффициентов χ^2 статистики

Вход	Выход	Число степеней свободы	H	Число степеней свободы	Q
f _{БВГ}	P ₁	17	26,3	11	11,66
f _{БВГ}	P ₂	15	7,63	11	12,64
f _{БВГ}	F	11	19,6	13	21,06
f _{БВГ}	T	13	19,8	15	22,90

Диагностическая проверка по автокорреляционным и взаимно-корреляционным функциям с использованием значений χ^2 статистики не даёт оснований в сомнении адекватности модели. Дополнительно, для приблизительной оценки результатов, было проведено сравнение с полученными моделями в [7]. Были отмечены общие черты в полученных моделях.

В результате проведенных исследований получены модели, позволяющие оценить влияние частоты вращения питателей сырого угля на температуру насыщенного пара, давления пара в барабане (точка 1 и точка 2), производительность котельного агрегата по пару. При увеличении частоты вращения питателей сырого угля температура насыщенного пара и давление пара в барабане первоначально уменьшаются, а в дальнейшем возрастают. Производительность котельного агрегата по пару при увеличении частоты вращения питателей возрастает.

Модели могут быть использованы для прогноза и управления качественными показателями процесса выработки пара.

Библиографический список:

1. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : Учебное пособие /Плетнев Г.П.//Издательство МЭИ, Москва, 2007г., 352 с.

2. Волошенко А.В. Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач. Монография/ Волошенко А.В.// Изд-во НИТПУ, Томск, 2011, 100с.
3. Хапусов В. Г. Моделирование систем.: Учебное пособие. /Хапусов В.Г.// Изд-во ИрННТУ, Иркутск, 2007 г., 212 с.
4. Хапусов В.Г. , Баев А.В. Смешанные авторегрессионные модели и прогнозирование процесса выработки пара.: Статья/ Хапусов В.Г.// Изд-во ИрННТУ, «Вестник ИрГТУ» №12 2014г., стр. 29-34
5. Бокс Дж. Анализ временных рядов прогноз и управление.: Монография/ Дж. Бокс, Дженкинс Г.М. // Изд-во Мир, М., 1974 г., 603 с.
6. Хапусов В.Г. Ермаков А.А. Динамические стохастические модели по каналу частота вращения питателей сырого угля – содержание кислорода в уходящих газах, в производстве пара.: Статья/ Хапусов В.Г.//Изд-во ИрННТУ, «Вестник ИрГТУ» №2, Иркутск, 2016 г., 45-51 с.
7. Шорохов В.А. Смольников А.П. Разработка динамической модели многосвязной АСР пылеугольного блока с прямым вдуванием пыли. Статья /Шорохов В.А. //Изд-во СФУ, Красноярск, Теплоэнергетика №10, 2009г., 56-61 с.

Прокофьев Денис Валерьевич
Prokofiev Denis Valerievich

Кандидат технических наук, преподаватель,
кафедра автомобильной техники Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

Лаврентьев Андрей Сергеевич
Lavrentiev Andrey Sergeevich

Курсант Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

УДК 681.5.017

РЕКОМЕНДАЦИИ КОМАНДИРУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ

RECOMMENDATIONS TO THE COMMANDER OF THE DIVISION TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TECHNICAL EXPLORATION IN COMBAT ACTIONS

Аннотация: В данной статье рассматривается техническое решение, относящееся к летающим платформам, в частности к конструкциям беспилотных летательных аппаратов, предназначенных для ведения технической разведки и перевозки по воздуху грузов.

Annotation: This article discusses a technical solution related to flying platforms, in particular, to designs of unmanned aerial vehicles intended for conducting technical reconnaissance and transportation by air of cargo.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, гусеничный ход, техническая разведка.

Keywords: unmanned aerial vehicle, tracked drive, technical intelligence.

Существует модульный беспилотный летательный аппарат вертикального взлета и посадки, взятый за прототип, который содержит модуль управления, модуль фюзеляжа и модули основных силовых установок, и комплект модулей, дополнительно содержащихся в модуле хвостовой части [1].

Однако применение этого беспилотного летательного аппарата ограничивается узким диапазоном выполняемых заданий и диагностического оборудования необходимого для ведения технической разведки в боевых действиях.

Техническая разведка проводится в целях: установления районов (мест) нахождения вышедших из строя вооружения и военной техники, определение технического состояния машин, объема эвакуационных и ремонтных работ, состояния механиков-водителей (водителей); рекогносцировку путей эвакуации, районов размещения (развертывания) и путей перемещения подразделений (организаций) технического обеспечения, выявление дополнительных источников пополнения запасов военно-технического имущества и состояния объектов местной промышленной базы [2].

Технический результат направлен на повышение эффективности, экономичности и снижение трудоемкости ведения технической разведки в боевых действиях.

Технический результат достигается тем, что беспилотный летательный аппарат для ведения технической разведки содержащий модуль управления, модуль фюзеляжа, модули основных силовых установок, комплект модулей в хвостовой части, дополнительно содержит датчик движения, прибор для радиационно-химической и биологической разведки местности, гибкий зонд с видеокамерой, аптечку, пирометр и гусеничную ходовую часть.

Состав беспилотного летательного аппарата для ведения технической разведки поясняется рисунками 1 и 2.

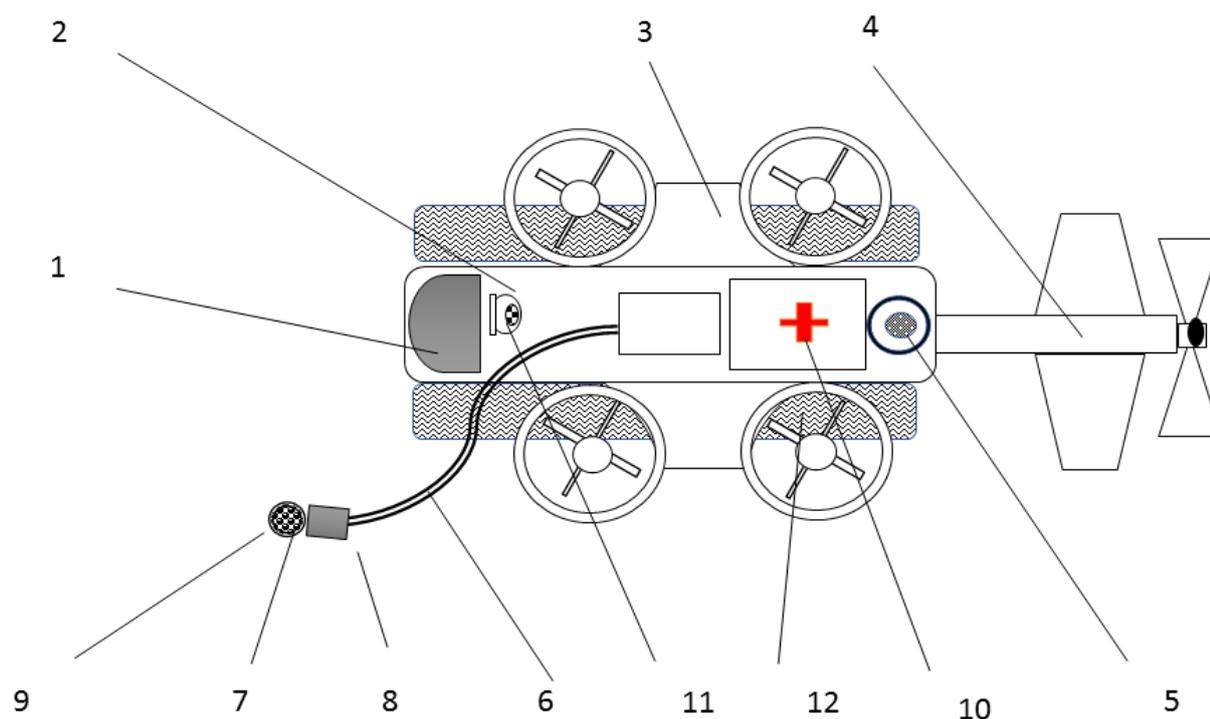


Рисунок 1 – Схема беспилотного летательного аппарата для ведения технической разведки (вид сверху)

Беспилотный летательный аппарат для ведения технической разведки содержащий модуль управления 1, модуль фюзеляжа 2, модули основных силовых установок 3, комплект модулей в хвостовой части 4, дополнительно содержит прибор для радиационно-химической и биологической разведки местности 5, гибкий зонд 6 с видеокамерой 7, датчиком движения 8 и фонарем 9, аптечку 10, пирометр 11 и гусеничную ходовую часть 12 [3].

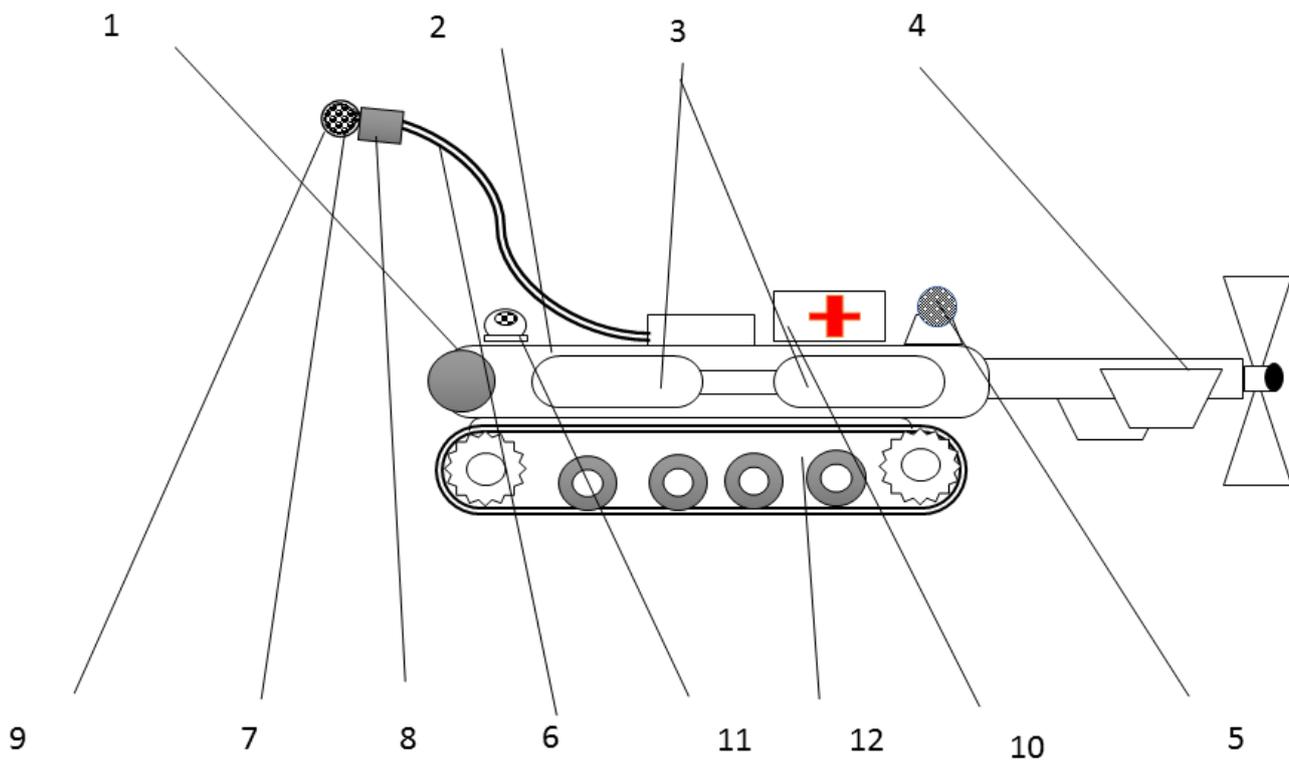


Рисунок 2 – Схема беспилотного летательного аппарата для ведения технической разведки (с боку)

Принцип действия и задачи выполняемые беспилотным летательным аппаратом при ведении технической разведки

Беспилотный летательный аппарат для ведения технической разведки исходя из целей технической разведки работает следующим образом:

1. Оператор из состава группы технической разведки соединения (части) созданной по распоряжению заместителя командира соединения (части) по вооружению управляет беспилотным летательным аппаратом в режиме полета или в режиме наземного гусеничного хода.

2. Направляет беспилотный летательный аппарат в район ответственности группы технической разведки. Широкий спектр задач выполняется гибким зондом оснащенным видеокамерой и фонарем (в том числе и разведка труднодоступных мест, при необходимости используется фонарь), а именно:

- отыскание (передача координат на пункт технического наблюдения для нанесения на карту) мест нахождения, вышедших из строя вооружения и военной техники;

- определение причин и характера повреждений (неисправностей) вооружения и военной техники, объема восстановительных работ и необходимых для их проведения сил и средств;

- отыскание укрытий для размещения вышедшего из строя вооружения и военной техники, и мест, удобных для размещения (развертывания) ремонтных сил и средств;

- отыскание путей, удобных для подхода эвакуационных и ремонтных сил и средств к вооружению и технике, отыскание и уточнение районов (мест) сосредоточения наибольшего количества вышедшего из строя вооружения и военной техники и определение их принадлежности;

- определение местонахождения трофейного вооружения, техники и военно-технического имущества.

4. Прибором для радиационно-химической и биологической разведки местности предусмотрено определение степени зараженности местности прибором и вышедших из строя

вооружения и военной техники.

5. Датчик движения предназначен для выяснения состояния экипажей (расчетов). При необходимости механики-водители (водители) могут воспользоваться содержимым аптечки, закрепленной на фюзеляже аппарата.

Технические возможности беспилотного летательного аппарата для ведения технической разведки позволяют:

- осуществлять вертикальный взлет и посадку;
- осуществлять передвижение на самоходном гусеничном ходу, что позволяет применять аппарат в труднодоступных местах и вне твердого покрытия;
- выполнять задачи в условиях применения противником средств массового поражения, где существует опасность жизни и здоровью военнослужащим;
- осуществлять транспортировку небольших грузов (медикаментов, боеприпасов, средств связи, запасных частей и т.п.) [3,4].

Библиографический список:

1. Патент РФ на изобретение 179906 Модульный беспилотный летательный аппарат вертикального взлета и посадки [Текст]/ Гайдаренко А.М.; заявитель и патентообладатель Гайдаренко А.М. Опубликовано: 28.05.2018. Бюл. № 16.

2. Наставление по обеспечению боевых действий (техническое обеспечение соединений и частей) Книга 2. [утверждено и введено в действие приказом заместителя Министра обороны РФ 2014 года № 680 дсп]. – М.: ГАБТУ, 2014.

3. Заявка на полезную модель 2018127627 Мобильный робот технического обеспечения войск [Текст]/ Прокофьев Д.В., Лаврентьев А.С., Яковенко И.Н., Родин С.В., Пузевич Н.Л. и др.; заявитель и патентообладатель РВВДКУ. Опубликовано: 26.07.2018.

4. Предложения в проект Концепции разработки и использования военной автомобильной техники для семейств роботизированных образцов вооружения,и военной и специальной техники [Текст]: /(материалы по п. 2.4 СЧ ТЗ на НИР «Шолик»)/Кн.2. – Бронницы, 2006 – 46с.

Прокофьев Денис Валерьевич
Prokofiev Denis Valerievich

Кандидат технических наук, преподаватель,
кафедра автомобильной техники Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

Петров Василий Вадимович
Petrov Vasily Vadimovich

Курсант Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

УДК 681.5.017

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК

MOBILE ROBOT OF TECHNICAL SUPPORT OF TROOPS

Аннотация: В данной статье рассматривается техническое решение, относящееся к робототехнике, которое может найти применение в качестве мобильного робота и самодвижущего комплекса при организации технического обеспечения войск, в том числе и входе боевых действий.

Annotation: This article discusses a technical solution related to robotics, which can be used as a mobile robot and self-propelled complex in the organization of technical support for troops, including the entry of hostilities.

Ключевые слова: робот, техническое обеспечение, боевые действия, эвакуация.

Keywords: robot, technical support, fighting, evacuation.

Известен мобильный робот, содержащий платформу, электродвигатели, источник питания и бортовой компьютер, ультразвуковой локатор расстояния, состоящий из ультразвукового датчика для слежения за пространством впереди и сервопривода, четыре световых инфракрасных датчика для предотвращения выхода робота за пределы участка цеха и цифровой гироскоп для точного определения положения в системе координат пространства цеха [1].

Недостатком данного варианта является то, что мобильный робот не адаптирован к ведению боевых действий, не имеет локального бронирования корпуса, не оснащен дополнительным оборудованием для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, кроме того, колесная база, по сравнению с гусеничной, не обеспечивает должной проходимости на пересеченной местности, в сложных погодных условиях).

Технический результат направлен на повышение эффективности технического обеспечения войск в ходе боевых действий (обеспечение войск ракетами и боеприпасами, бронетанковым (автомобильным) имуществом при огневом воздействии противника, с учетом применения им оружия радиационного, химического и биологического оружия, а также для снижения трудоемкости специалистов технического обеспечения).

Технический результат достигается тем, что мобильный робот в бронированном (кевларовом) корпусе обеспечивает выполнение задач технического обеспечения в ходе боевых действий, содержащий ультразвуковые локаторы расстояния для предотвращения столкновения с какими-либо объектами, инфракрасные датчики света, установленные на крайних точках по периметру корпуса, для распознавания мобильным роботом участка местности, гироскоп для точного определения местоположения, видеокамеру для ведения технической разведки и видеонаблюдения, встроенный бортовой компьютер для записи, хранения, считывания информации и передача данных, самоходный механизм гусеничного типа, выполненный в виде гусеничных лент, приводимых в движение импульсно-инерционными электродвигателями и опорными катками, блок аккумуляторных и солнечных батарей, манипулятор гидравлический, приводимый в действие гидравлическим насосом, в котором применяется масло, запасы которого содержатся в масляном баке, механизм схвата, изгиб и магнитную присоску обеспечивающим удержание и вращение предметов.

На рисунке 1 изображен внешний вид мобильного робота технического обеспечения войск.

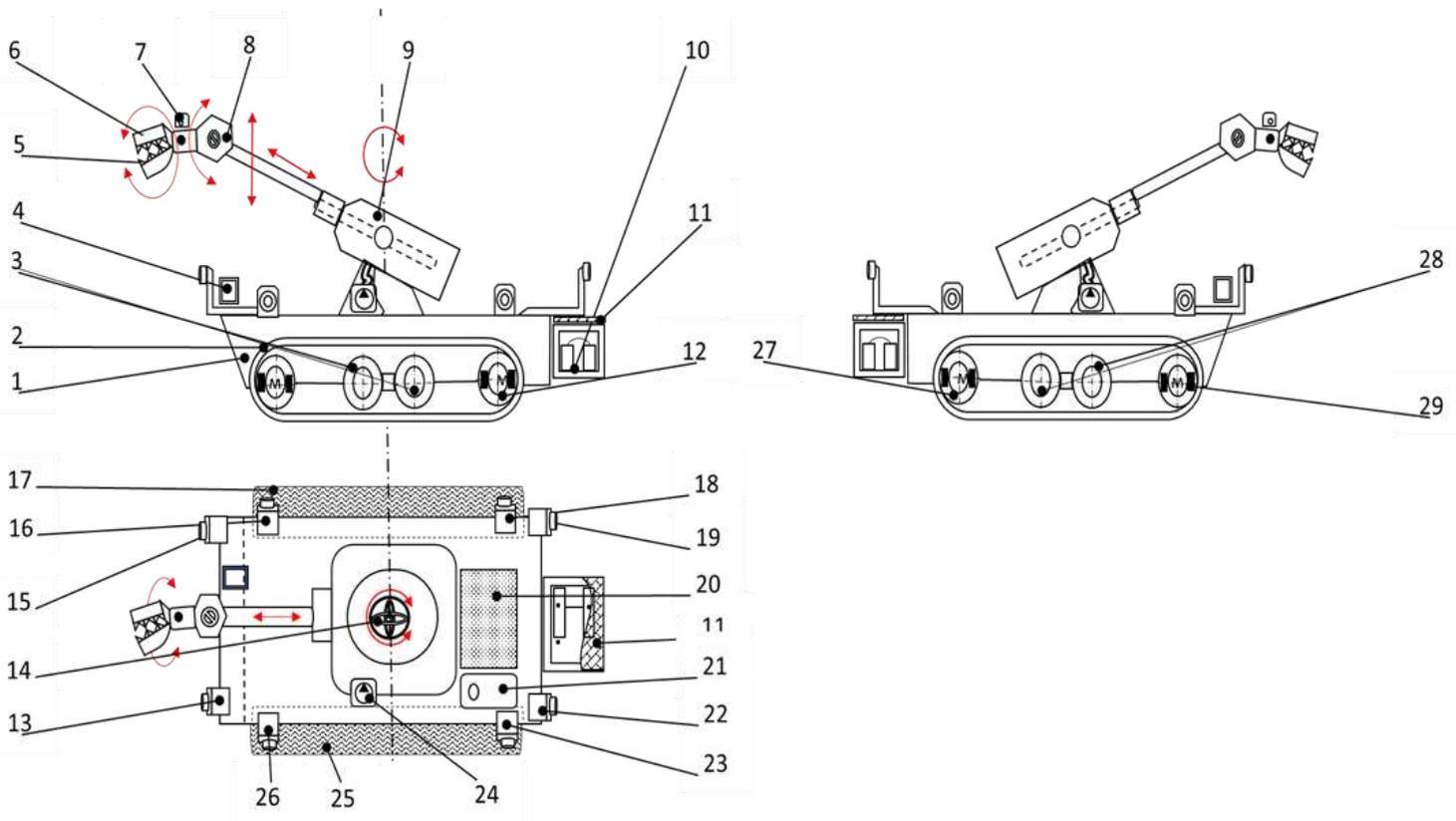


Рисунок 1 - Внешний вид мобильного робота технического обеспечения войск.

Мобильный робот технического обеспечения войск состоит, рисунок 2, из бронированного (кевларового) корпуса 1, импульсно-инерционных электродвигателей 2, 12, 27, 29 и опорных катков 3, 28 (по два с каждой стороны), встроенного бортового компьютера 4, механизма схвата 5 с магнитной присоской 6, видеокамеры 7, изгиба 8, манипулятора гидравлического 9, блока аккумуляторных батарей 10, солнечной батареи 11, ультразвуковых локаторов расстояния 13, 15, 19, 22, гироскопа 14, инфракрасными датчиками света 16, 18, 23, 26, гусеничных лент 17, 25, грузовой платформы 20, масляного бака 21, гидравлического насоса 24.

Кроме того, в состав входят ноутбук, специальное программное обеспечение, средства связи (для командира подразделения), индивидуальный комплект приёма и отображения видеoinформации, блок приёмной аппаратуры, монитор или видеоочки [2].

Библиографический список:

1. Патент РФ на полезную модель 178222. Мобильный робот [Текст]/ Егоркин О.В., Старов Д.А.; заявитель и патентообладатель НГТУ. Опубликовано: 28.03.2018. Бюл. № 10.
2. Заявка на полезную модель 2018127627 Мобильный робот технического обеспечения войск [Текст]/ Прокофьев Д.В., Петров В.В., Яковенко И.Н., Родин С.В., Пузевич Н.Л. и др.; заявитель и патентообладатель РВВДКУ. Опубликовано: 26.07.2018.

Прокофьев Денис Валерьевич
Prokofiev Denis Valerievich

Кандидат технических наук, преподаватель,
кафедра автомобильной техники Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

Амурзаков Евгений Владиславович
Amurzakov Evgeny Vladislavovich

Курсант Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

УДК 65.011.56

ПЛОЩАДКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

AUTOMATED CONTROL AREA OF TECHNICAL CONDITION OF AUTOMOTIVE

Аннотация: В данной статье предлагается техническое решение, относящееся к области промышленного и специального строительства, в частности к объектам, предназначенным для контроля технического состояния автомобильной техники.

Annotation: This article proposes a technical solution relating to the field of industrial and special construction, in particular to objects designed to monitor the technical condition of automotive vehicles.

Ключевые слова: автомобильная техника, контроль технического состояния, безопасность дорожного движения.

Keywords: automotive equipment, technical condition monitoring, road safety.

Существует площадка для проверки технического состояния одиночно выходящих из постоянного парка гусеничных и колесных машин, которая содержит эстакаду, участок торможения разметкой от 0 до 22 м (через каждый метр), стол для инструмента, шкаф для запасных частей и щит для документации [1].

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения в свете современных подходов к сооружениям, существующее противоречие и пути решения проблемы представлены на рисунке 1.

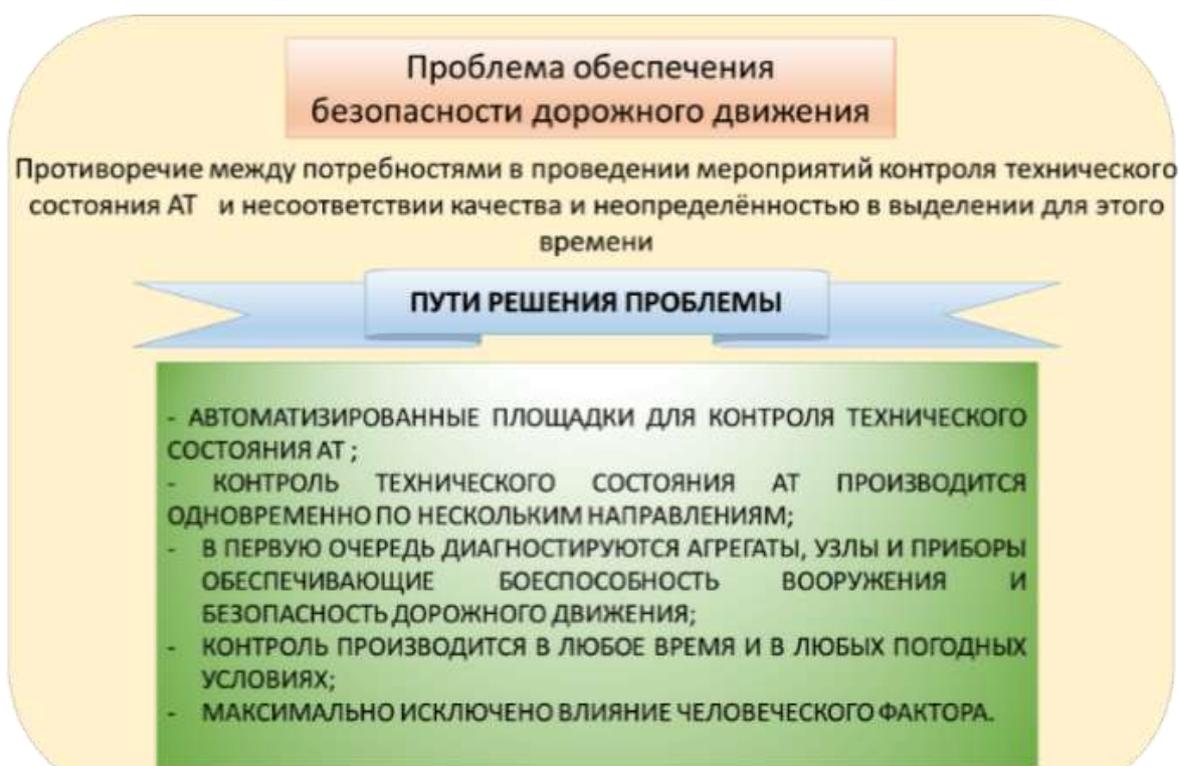


Рисунок 1 – Пути решения проблемы обеспечения безопасности дорожного движения в свете современных подходов к сооружениям

Технический результат направлен на повышение эффективности обеспечения безопасности дорожного движения, уменьшение площади под оборудование площадки для проверки технического состояния автомобильной техники, сокращение числа специалистов, сокращение производственного цикла контроля технического состояния.

Технический результат достигается тем, что площадка автоматизированного контроля технического состояния автомобильной техники содержит участок торможения с разметкой, стол для инструмента, шкаф для запасных частей, сканеры цифрового тепловизионного определения технического состояния техники, смотровая яма со ступеньками для спуска специалиста, причем смотровое окно закрывается плотной стеклянной поверхностью (крышкой), осветительные приборы, всепогодный монитор, установленный на стойках, соединительные провода, электронно-вычислительная машина (ЭВМ).

Состав площадки автоматизированного контроля технического состояния автомобильной техники поясняется рисунками 2,3.

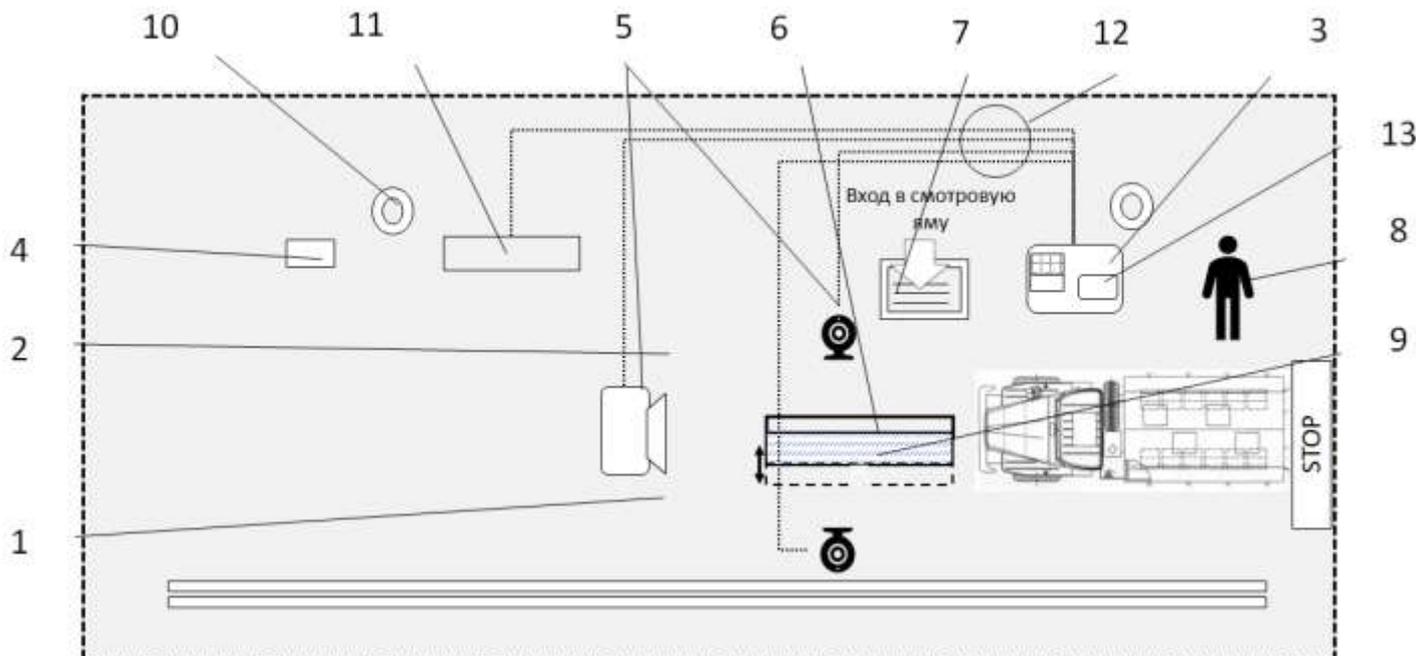


Рисунок 2 – Площадка автоматизированного контроля технического состояния автомобильной техники

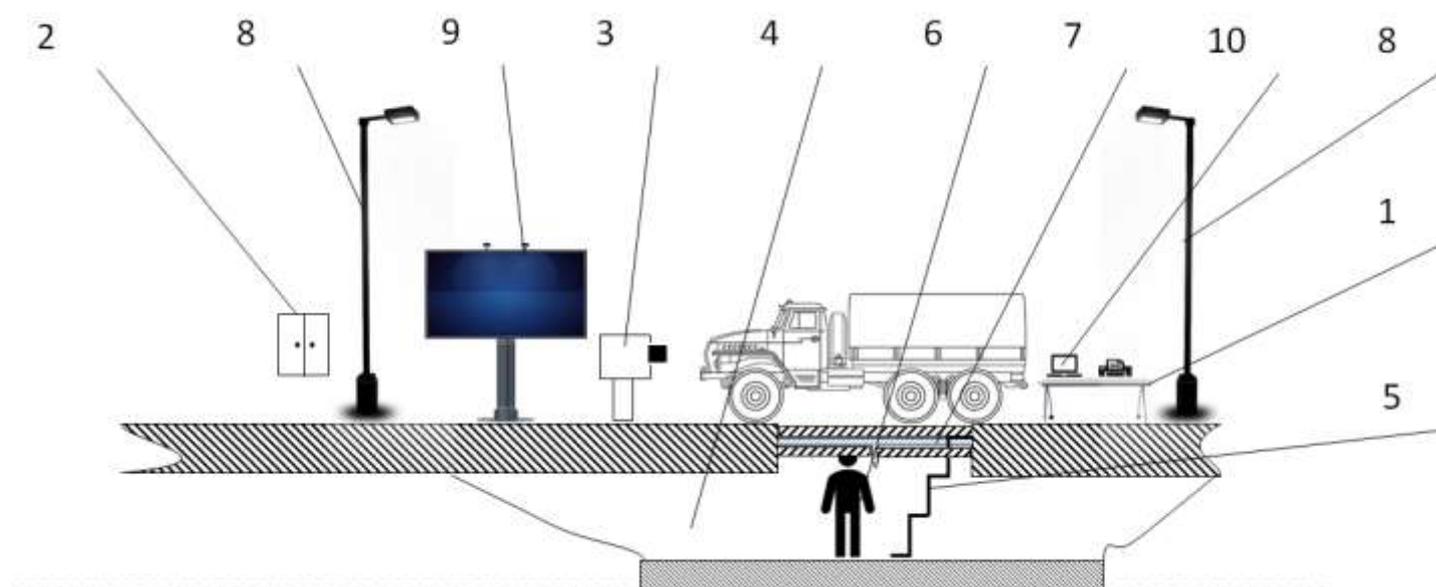


Рисунок 3 - Площадка автоматизированного контроля технического состояния автомобильной техники

Описание. Площадка автоматизированного контроля технического состояния автомобильной техники содержит участок торможения 1 с разметкой 2, стол для инструмента 3, шкаф для запасных

частей 4, сканеры цифрового тепловизионного определения технического состояния техники 5, смотровая яма 6 со ступеньками 7 для спуска специалиста (техника по безопасности) 8, причем смотровое окно закрывается плотной стеклянной поверхностью (крышкой) 9, осветительные приборы 10, всепогодный монитор 11, установленный на стойках, соединительные провода 12, ЭВМ 13.

Условия работы. Порядок проверки автомобильной техники на площадке автоматизированного контроля:

сканеры цифрового тепловизионного определения технического состояния техники считывают информацию:

- длины тормозного пути (водитель набирает скорость 40 км/ч и перед стоп-линией применяет резкое торможение).

- исправность работы внешних световых приборов, звуковых сигналов;
- тепловое состояние двигателя;
- работу задних фонарей, указателей поворотов, стоп-сигналов;
- работу двигателя на различных оборотах и исправность контрольно-измерительных приборов;

- наличие и правильность оформления путевой документации.

Работу машины на ходу и другие механические проверки специалист, при необходимости, выполняет самостоятельно.

На следующем этапе информация от сканеров:

- передается на ЭВМ;
- производится анализ, обрабатываются и сравниваются полученные показатели с истинными (исправными) значениями работы узлов, механизмов, агрегатов;
- информация выводится на монитор ЭВМ и всепогодный монитор (при необходимости).

Кроме того, монитор служит для отображения необходимой для водителя информации: о погоде, дорожной и метеорологической обстановке маршрута, сигналы действия по тревоги и др.;

Заключение о результатах контроля технического состояния автомобильной техники автоматически формируется и выводится на печать [2].

Библиографический список:

1 Министерство обороны РФ. Приказы. Об утверждении руководства по единым типовым требованиям к паркам воинских частей Вооруженных Сил Российской Федерации [Текст]: приказ Министра Обороны от 5 июня 1992 г. № 28.

2 Прокофьев, Д.В. Перспективы использования новых информационных технологий при поддержании работоспособности военной автомобильной техники [Текст] / Д.В. Прокофьев // Актуальные вопросы эксплуатации автомобильной техники. – Вып. № 2. – М.: Компания Спутник+, 2008. – С. 44–45.

Прокофьев Денис Валерьевич
Prokofiev Denis Valerievich

Кандидат технических наук, преподаватель,
кафедра автомобильной техники Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

Яковенко Игорь Николаевич
Yakovenko Igor Nikolaevich

Курсант Рязанского высшего воздушно-десантного командного училища

УДК 358.36

РЕКОМЕНДАЦИИ КОМАНДИРУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТАКТИЧЕСКОЙ МАСКИРОВКИ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ДЫМОВЫХ ЗАВЕС

RECOMMENDATIONS TO THE COMMANDER OF THE DIVISION TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TACTICAL MASKING AND THE METHOD OF OBTAINING A SMOKE CURTAIN

Аннотация: В данной статье рассматривается электродымовая аппаратура мобильного робота технического обеспечения войск и способ получения дымовых завес с возможностью автоматического выполнения задач тактической маскировки.

Annotation: This article discusses the electro-smoke equipment of a mobile robot for technical support of troops and a method for producing smoke screens with the ability to automatically perform tactical camouflage tasks.

Ключевые слова: маскировка, робот, дымовая завеса.

Keywords: camouflage, robot, smoke screen.

Искусственный дым отличная замена термической дымовой аппаратуре танков и боевых машин пехоты (БМП) может быть использована для индивидуальной маскировки объектов, а также для решения задач постановки аэрозольных завес с целью прикрытия боевых порядков танковых подразделений от прицельного огня противника при выдвигении, развертывании в боевой порядок, проведении маневра, а также для обеспечения быстрого отрыва от противника и восстановления вооружения и военной техники и ее экипажей под огнем противника. Так как принцип работы штатной дымовой аппаратуры основан на испарении дизельного топлива в выпускном коллекторе работающего двигателя, с последующей конденсацией паров в атмосфере, ведущей к образованию аэрозольной завесы. В качестве аэрозолеобразующего состава используется дизельное топливо из системы питания двигателя. Продолжительность непрерывного дымопуска может составлять от 5 минут для БМП и до 10 минут для танков, а длина непросматриваемой части дымовой завесы для указанных образцов боевой техники достигать до 400 м соответственно.

Предлагаемая электродымовая аппаратура устанавливается на мобильном роботе технического обеспечения войск, и **автоматически способна выполнять задачи тактической маскировки**, обеспечения скрытности объектов, рубежей районов и включает:

1. Самодвижущую платформу в бронированном (кевларовом) корпусе, которая обеспечивает выполнение задач тактической маскировки и технического обеспечения в ходе боевых действий. Содержит ультразвуковые локаторы расстояния для предотвращения столкновения с какими-либо объектами, инфракрасные датчики света, установленные на крайних точках по периметру корпуса, для распознавания мобильным роботом участка местности, гироскоп для точного определения местоположения, видеокамеру для ведения технической разведки и видеонаблюдения, встроенный бортовой компьютер для записи, хранения, считывания информации и передача данных, самоходный механизм колесного (гусеничного типа), приводимых в движение импульсно-инерционными электродвигателями и опорными катками, блок аккумуляторных и солнечных батарей, манипулятор гидравлический, приводимый в действие гидравлическим насосом, в котором применяется масло, запасы которого содержатся в масляном баке, механизм схвата, изгиб и магнитную присоску обеспечивающим удержание и вращение предметов.

2. Электродымовую аппаратуру (ЭДА) смонтированную на корпусе самодвижущейся платформы, которая может быть использована для индивидуальной маскировки бронееобъекта, а также для решения задач постановки аэрозольных завес с целью скрытия сборного пункта поврежденных машин (СППМ) и обеспечения других мероприятий маскировки объектов технического обеспечения войск от прицельного огня противника, развертывании и свертывания СППМ, обеспечения быстрого отрыва от противника, а также эвакуации и ремонта поврежденной техники и ее экипажей под огнем противника.

Технический результат заключается в том, что система позволяет производить тактическую маскировку (скрытность) объектов технического обеспечения войск (сил), дымом, не приносящим вреда здоровью личному, с минимальными материальными затратами.

Для получения дымообразующей жидкости используется глицерин, вода и спирт в соотношении приведенных в таблице 1.

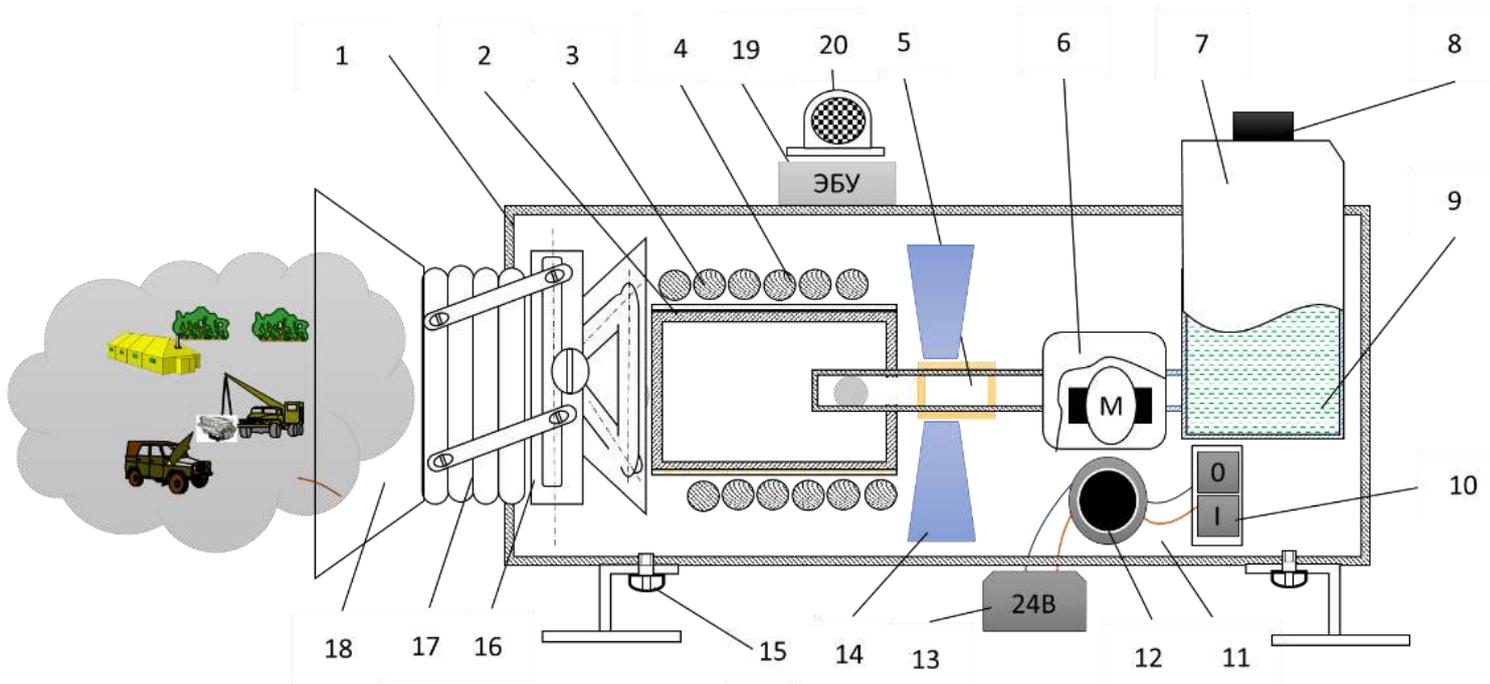
При использовании аппаратуры в условиях низких температур рекомендуется добавлять спирт от 10 до 30 % больше для исключения замерзания дымообразующей жидкости.

Таблица 1 – Соотношение компонентов дымообразующей жидкости для обеспечения скрытности объектов и местности

Наименование компонентов	Соотношение компонентов для обеспечения дымов, %		
	Легкий дым	Средний дым	Тяжелый дым
Вода	85	60	35
Глицерин	10	30	50
Спирт	5	10	15

Электродымовая аппаратура, рисунок 1, состоит из следующих элементов:

Рисунок 1 - Схема электродымовой аппаратуры



1- корпус аппаратуры; 2 - испарительная камера; 3 – изолятор; 4 -нагревательный элемент; 5 - трубопровод жидкостной; 6 - насос жидкостной; 7 - бак для испарительной жидкости; 8 - крышка бака; 9 - испарительная жидкость; 10 – выключатель; 11 - соединительные провода; 12 – термореле; 13 - преобразователь тока; 14 - воздушный насос; 15 – крепление; 16 - мханизм автоматического изменения направления сопла; 17 - направляющая труба (гофрированная); 18 – сопло; 19 - электронный блок управления; 20 - блок датчиков (дождя, света, ветра).

Технический результат достигается тем, что электродымовая аппаратура содержащая корпус из термопластичной пластмассы 1, испарительную камеру 2 выполненную в виде цилиндра из латуни с отверстием внутри, изолятора 3 установленного между корпусом испарителя и нагревательным инструментом, нагревательный элемент 4, трубопровод жидкостной 5, насос жидкостной 6, бак для испарительной жидкости 7, крышка бака 8, причем бак мультикомпонентного типа в свою очередь содержит три емкости, первая наполняется водой (H_2O), вторая спиртом (C_2H_5OH), третья глицерином ($C_3H_8O_3$)), управляемые автоматическими клапанами (на рисунке не показаны) при их смешении, в соотношениях указанных в таблице 1, образуют испарительную жидкость 9, выключатель 10, соединительные провода 11, термореле 12 для предотвращения перегрева установки, источники питания 13 с преобразователь тока с диапазоном напряжения 12, 24, 220В, воздушный насос 14 который воздушным потоком создает распространение дымности по всей площади обеспечения скрытности, крепление 15 для установки мобильных роботов, механизм автоматического изменения направления 16 воздействует на гофрированную направляющую трубу 17 и сопло для изменения направления дымовой завесы 21, электронный блок управления 19 получает сигналы от блока датчиков 20 (дождя, света, ветра и т.п.) преобразует сигналы и преадапте на управляющие механизмы аппаратуры.

Работа электродымовой аппаратуры дополнительно поясняется рисунком 2.

Аппаратура представляет собой нагревательный элемент, рисунок 2, через который проходит трубопровод жидкостной от бака с дымообразующей жидкостью, который содержит три емкости: первая наполняется водой (H_2O), вторая спиртом (C_2H_5OH), третья глицерином ($C_3H_8O_3$), управляемые автоматическими клапанами, которые в свою очередь обеспечивают дозирование компонентов в соотношениях указанных в таблице 1 для приготовления дымообразующей жидкости.

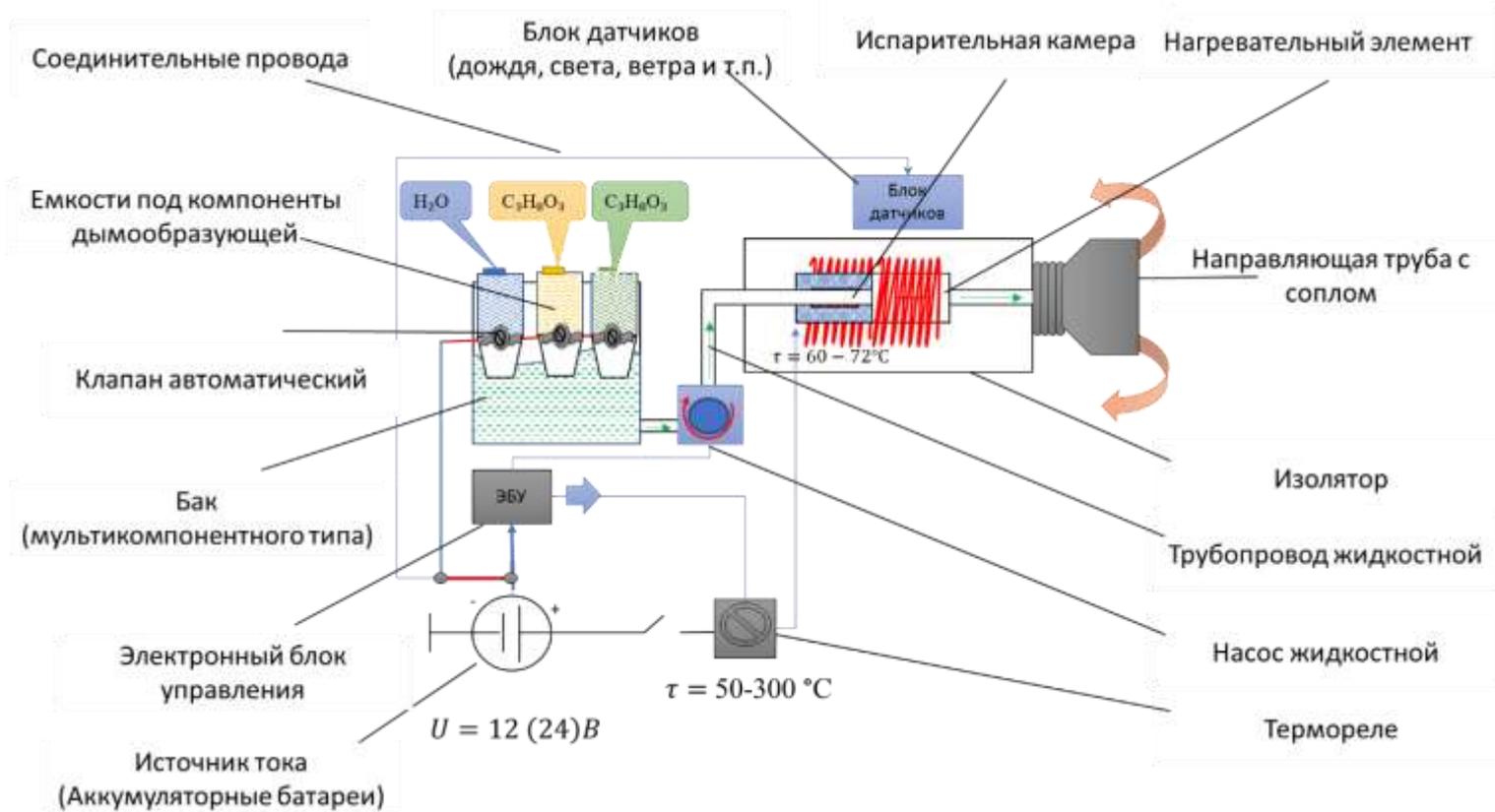


Рисунок 2 - Схема работа электродымовой аппаратуры

Корпус испарительной камеры отделен электроизоляционным слоем от нагревательного элемента. Механизм автоматического изменения направления воздействует на гофрированную направляющую трубу и сопло для автоматического изменения направления дымовой завесы (360°), электронный блок управления получает сигналы от блока датчиков преобразует их в сигналы и преадапте на управляющие механизмы аппаратуры. Получаем дым из воды, спирта и глицерина. Спиртоводоглицериновая смесь под действием насоса жидкостного подается из бака через жидкостной трубопровод в испарительную камеру откуда, испаряясь, выходит через другой конец

трубки в виде густой белой паровоздушной смеси, и под действием воздушного насоса развеивается по площади обеспечения дымовой завесы, которая не конденсируется и не оседает в течении продолжительного времени.

МБФ световой с цветными светодиодами предназначен для обозначения путей движения войск, участков местности, проходов в минных полях и т.п. в темное время суток. Устройство фонаря предполагает его видимость лишь со стороны светофильтра, незаметность светового знака при наблюдении сверху, с боков и тыла.

В рабочем положении знак устанавливается на корпусе мобильного робота. Дальность видимости знака в темную ночь до 500 м, время непрерывного действия до 40 ч. Расстояния между знаками на местности устанавливаются из условия видимости одновременно не менее трех смежных знаков.

Принцип работы дымовой аппаратуры основан на испарении дизельного топлива на нити (спираль) накаливания работающего электронагревателя, с последующей конденсацией паров и выводом мощным потоком воздушным насосом в атмосферу, ведущей к образованию аэрозольной завесы.

Электродымовая аппаратура работает сразу после нагрева нитей (спирали) накаливания. На прогрев требуется: летом до 2 мин, зимой до 10 мин [1-3]

Библиографический список:

1. Тимофеев, А.В. Роботы и искусственный интеллект [Текст]/ Тимофеев А.В.// «Наука», М., 1978. – 192 с.
2. Маскировка войск и войсковых объектов: учебное пособие / В.А. Кривилев, А.Г. Булахов, С.С. Волков. -М.: ВИА, 1996.
3. Заявка на полезную модель 2018127627 Мобильный робот технического обеспечения войск [Текст]/ Прокофьев Д.В., Яковенко И.Н., Родин С.В., Пузевич Н.Л. и др.; заявитель и патентообладатель РВВДКУ. Опубликовано: 26.07.2018.

Научное издание

Коллектив авторов

Сборник материалов XXXI Международной научной конференции «Техноконгресс»

ISBN

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2018